

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



Campanhas de Prospeção Geológico-Geotécnica Estudo de Casos

Jorge Luís Correia Farinho

Mestrado em Geologia Aplicada
Especialização em Geologia de Engenharia

Relatório de Estágio orientado por:
Isabel Fernandes

2021

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste relatório de estágio.

À Geocontrole, Geotecnia e Estruturas de Fundação S.A., por todas as condições disponibilizadas, pela possibilidade de acompanhar vários trabalhos em curso, e pela autorização para publicação dos dados obtidos.

À Professora Doutora Isabel Fernandes, orientadora, por ter tornado possível a realização de um estágio curricular em contexto profissional, por toda a bibliografia disponibilizada, conselhos, sugestões e sabedoria transmitida nos últimos nove meses, mas especialmente ao longo de todos os anos enquanto aluno.

Ao Engenheiro Paulo Correia, co-orientador, por todo o conhecimento transmitido ao longo dos últimos nove meses, sobre todas as variáveis que o trabalho de geólogo envolve. Muito obrigado por todo o tempo despendido e pelos inúmeros ensinamentos.

A todas as pessoas que conheci na Geocontrole, o meu sincero obrigado. Pela integração, pelas sugestões, pelo conhecimento transmitido, e também pelos bons momentos passados. Gostaria também de agradecer em especial ao departamento de desenho, por me “adotar” durante o estágio.

Resumo

O presente relatório de estágio pretende sintetizar o trabalho realizado ao longo do estágio decorrido na Geocontrole, Geotecnia e Estruturas de Fundação S.A.

Numa primeira parte, são tecidas algumas considerações sobre as técnicas, metodologias e ensaios aplicados nas diferentes campanhas de prospeção, tendo sido realizado uma vasta consulta bibliográfica em diversos manuais da especialidade, sobre os diferentes métodos e dispositivos mais frequentemente utilizados, referentes ao tipo de prospeção utilizada, de ensaios *in situ* e laboratoriais.

São apresentados os resultados decorrentes das diferentes campanhas de prospeção acompanhadas durante o período de estágio e que incidiram em diferentes fases da metodologia dos estudos geológico-geotécnicos em obras de engenharia civil, desde a conceção até à sua execução. De modo a realizar a caracterização dos terrenos, procedeu-se à análise de testemunhos de sondagens e à elaboração dos respetivos diagramas, à interpretação de resultados dos ensaios realizados *in situ* e laboratoriais. Apresentam-se os perfis geológico-geotécnicos interpretativos, estabelecendo-se o enquadramento geológico local e as suas condições geotécnicas com interesse para o projeto.

No decurso do estágio foram abordadas quatro formações geológicas, estando três, “Argilas de Prazeres”, “Formação de Benfica” e “Complexo Vulcânico de Lisboa” localizadas no distrito de Lisboa e uma, “Granitos do Porto”, situada no distrito do Porto. Os dados compilados foram obtidos nas cartas geológicas onde as formações têm expressividade, assim como em diferentes dissertações e teses publicadas de relevância para o enquadramento geotécnico em questão.

Por último, é realizada a comparação entre os parâmetros geotécnicos provenientes de análises laboratoriais e os resultados obtidos com os dados publicados, presentes na segunda parte deste relatório. Com exceção de dois casos, todos os resultados dos ensaios laboratoriais enquadram-se dentro dos valores expectáveis, conforme explicitado no último quadro apresentado no relatório.

Palavras-chave: Prospeção Geológico-Geotécnica, Argilas de Prazeres, Formação de Benfica, Complexo Vulcânico de Lisboa, Granitos do Porto.

Abstract

The present internship report aims to synthetize the work carried out in Geocontrolo, Geotecnia e Estruturas de Fundação S.A.

In the first part, a few commentaries about the technics, methodologies and tests applied in several site investigation campaigns are made, having been made a vast study of bibliography in various manuals from the specialty about the methods and materials most frequently used, regarding the type of exploration methods used, as well as the *in situ* and laboratory tests.

It is presented the results resulting from the different site investigation campaigns executed, from the conception to its execution, comparing them with the data compiled from the literature and summarized in the second part of this report. The analysis of drilling cores and the elaboration of the respective diagrams were carried out, the analysis of results of *in situ* and laboratory tests was performed, and the geological-geotechnical sections were created, allowing the understanding of the local geological and geotechnical conditions.

The internship covers four geological formations from which three are located in the district of Lisbon, “Argilas de Prazeres”, “Formação de Benfica”, “Complexo Vulcânico de Lisboa” and one in the district of Porto, designated “Granitos do Porto”. The compiled data were obtained from geological maps of the areas, as well as from various published dissertations and thesis of relevance to the geotechnical understanding of each site.

The final part addresses the geotechnical parameters from laboratory analyses and compares them with bibliographic reference values, present in the second part of this report. Except for two cases, all laboratory test results fall within the expected values, as explained in the last frame presented in the report.

Key-words: Subsurface exploration, Argilas de Prazeres, Formação de Benfica, Complexo Vulcânico de Lisboa, Granitos do Porto,

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Objetivos	1
1.2.	Organização do Relatório.....	2
2.	Metodologia dos Estudos Geológico-Geotécnicos.....	3
3.	Métodos e Equipamentos	5
3.1.	Sondagens Geotécnicas	5
3.2.	Poços de Reconhecimento.....	9
3.3.	Ensaio <i>in situ</i>	10
3.3.1.	Ensaio de Penetração Dinâmica Normalizada (SPT)	10
3.3.1.1.	Correções a aplicar ao valor de N_{SPT}	12
3.3.1.2.	Correlações entre o valor N_{SPT} e parâmetros geotécnicos do solo.....	15
3.3.2.	Ensaio de Penetração Dinâmica Ligeira (PDL).....	20
3.3.3.	Ensaio de Permeabilidade Lefranc	24
3.4.	Ensaio Laboratoriais	26
3.4.1.	Granulometria.....	26
3.4.2.	Plasticidade.....	27
3.4.3.	Classificações de Solos	28
3.5.	Sismicidade	31
4.	Estudo de Casos.....	34
4.1.	Introdução.....	34
4.2.	Análise Bibliográfica das Formações Abordadas.....	37
4.2.1.	Argilas de Prazeres (M_{Pr})	37
4.2.2.	Formação de Benfica (ΦB_f).....	38
4.2.3.	Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1)	39
4.2.4.	“Granitos do Porto” (γ_m).....	41
4.3.	Estudo Geológico-Geotécnico I	42
4.3.1.	Prospecção Geológico-Geotécnico	43
4.3.2.	Considerações Geológico-Geotécnicas	45
4.3.3.	Sismicidade	47
4.4.	Estudo Geológico-Geotécnico II.....	48
4.4.1.	Prospecção Geológico-Geotécnico	49
4.4.2.	Considerações Geológico-Geotécnicas	51
4.4.3.	Sismicidade	52

4.5.	Estudo Geológico-Geotécnico III.....	53
4.5.1.	Prospecção Geológico-Geotécnica.....	54
4.5.2.	Considerações Geológico-Geotécnicas	56
4.5.3.	Sismicidade	57
4.6.	Estudo Geológico-Geotécnico IV.....	58
4.6.1.	Prospecção Geológico-Geotécnica.....	59
4.6.2.	Considerações Geológico-Geotécnicas	60
4.6.3.	Sismicidade	62
4.7.	Estudo Geológico-Geotécnico V.....	63
4.7.1.	Prospecção Geológico-Geotécnica.....	63
4.7.2.	Considerações Geológico-Geotécnicas	67
4.7.3.	Sismicidade	70
5.	Considerações Finais.....	71
6.	Bibliografia.....	75
7.	Anexos.....	79
7.1.	Anexo A-I.....	80
7.2.	Anexo A-II	86
7.3.	Anexo A-III.....	99
7.4.	Anexo B-I.....	100
7.5.	Anexo B-II.....	102
7.6.	Anexo B-III	105
7.7.	Anexo C-I.....	106
7.8.	Anexo C-II.....	111
7.9.	Anexo C-III	125
7.10.	Anexo D-I.....	126
7.11.	Anexo D-II	128
7.12.	Anexo E-I	130
7.13.	Anexo E-II.....	137

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Metodologia dos Estudos Geológico-Geotécnicos.	3
Figura 3.1 – Aspeto típico de uma sonda de perfuração.	5
Figura 3.2 - Exemplo de aspeto de testemunhos obtidos através de sondagens à rotação com recuperação de testemunho. À esquerda em rocha branda (calcário) e à direita em rocha dura com intercalações de solos (granito e granito decomposto).	6
Figura 3.3 - Trados ocos utilizados em furação sem recuperação de testemunho.	7
Figura 3.4 - Poços de reconhecimento com entivação efetuados em materiais não coesivos.	9
Figura 3.5 - Exemplo de amostrador Terzaghi normalizado de meias canas.	10
Figura 3.6 - Esquema do procedimento do ensaio SPT segundo a norma EN ISO 22476-3 (2005).	11
Figura 3.7 - Secção longitudinal de amostrador SPT (EN ISO 22476-3:2005).	12
Figura 3.8 - Variação de N_{SPT} com σ'_0/ρ_0 e D_r (Gibbs e Holtz, 1957, extraído de Ameratunga et al, 2016).	16
Figura 3.9 – Variação de D_r com N_{SPT} e σ'_0/ρ_a (Gibbs e Holtz, 1979, extraído de Ameratunga et al, 2016).	16
Figura 3.10 - Estimativa de ϕ em função de N_{SPT} e da tensão vertical efetiva (DeMello, 1971, extraído de Ameratunga et al, 2016).	18
Figura 3.11 - Aspetos da realização do ensaio PDL.	20
Figura 3.12 - Aspeto típico do PDL e esquema de execução (extraído de Du Plessis et al., 2009).	21
Figura 3.13 - Diferença no equipamento entre ponteira cónica recuperável, à esquerda, e ponteira cónica perdida, à direita (adaptado de EN ISO 22476-2:2005).	23
Figura 3.14 - Esquematização do ensaio de permeabilidade Lefranc (extraído de Vallejo et al., 2004).	25
Figura 3.15 - Limites de Atterberg (extraído de Ameratunga et al, 2016).	27
Figura 3.16 - Carta de plasticidade de Casagrande (extraído de Ameratunga et al., 2016).	28
Figura 3.17 - Mapa de zonamento sísmico de Portugal Continental.	31
Figura 3.18 – Zonamento sísmico em Portugal Continental, para os cenários de sismo afastado (à esquerda) e sismo próximo (à direita). (Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1, 2010).	32
Figura 4.1 - Localização geográfica dos estudos geológico-geotécnicos efetuados no distrito de Lisboa. Imagem obtida através de Google Earth.	34
Figura 4.2 - Localização geográfica do estudo geológico-geotécnico efetuado no distrito do Porto. Imagem obtida através de Google Earth.	35
Figura 4.3 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.	42
Figura 4.4 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 34D - Lisboa à escala 1:50 000 (Pais et al., 2006), escala indeterminada).	43
Figura 4.5 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.	48
Figura 4.6 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 34D - Lisboa à escala 1:50 000 (Pais et al., 2006), escala indeterminada).	49
Figura 4.7 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.	53
Figura 4.8 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 34D - Lisboa à escala 1:50 000 (Pais et al., 2006), escala indeterminada).	54
Figura 4.9 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.	58
Figura 4.10 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 34D - Lisboa à escala 1:50 000 (Pais et al., 2006), escala indeterminada).	59
Figura 4.11 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.	63

Figura 4.12 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal 9C à escala original 1:50 000 (Costa e Teixeira, 1957) - escala indeterminada). 64

Índice de Quadros

Quadro 3.1 - Rock Quality Designation - RQD (adaptado de Deere, 1989).....	8
Quadro 3.2 - Classificação de fraturação do maciço (adaptado de ISRM, 2007).	8
Quadro 3.3 - Classificação do grau de alteração da rocha (adaptado de ISRM, 2007).	9
Quadro 3.4 - Vantagens e desvantagens do ensaio SPT, adaptado de Mayne et al., (2002).	11
Quadro 3.5 - Variação do fator de correção para o diâmetro da sondagem, η_B (Skempton, 1986).....	14
Quadro 3.6 - Variação do fator de correção para o tipo de amostrador utilizado, η_S (Skempton, 1986).	15
Quadro 3.7 - Variação do fator de correção para o comprimento do trem de varas, η_R (Skempton, 1986).....	15
Quadro 3.8 - Descrição qualitativa da densidade relativa (baseado em Terzaghi e Peck, 1967)	15
Quadro 3.9 - Variação aproximada da consistência em relação ao valor de N_{SPT} e coesão não drenada das argilas (Terzaghi e Peck, 1967).....	19
Quadro 3.10 - Variação de CI , N_{SPT} e c_u (Szechy e Varga, 1978, extraído de Ameratunga et al., 2016)	19
Quadro 3.11 - Variação de α' com o Índice de Plasticidade (adaptado de Ameratunga et al, 2016)....	20
Quadro 3.12 - Vantagens e desvantagens do PDL (adaptado de Rodrigues, 2016).	21
Quadro 3.13 - Dimensões e massas dos componentes do PDL (adaptado de EN ISO 22476-2:2005). 22	
Quadro 3.14 - Classificação granulométrica dos solos (LNEC E196, 1966).	26
Quadro 3.15 - Classificação das argilas com base no índice de plasticidade (adaptado de Burmister, 1949).....	28
Quadro 3.16 - Classificação Unificada de Solos (adaptado de ASTM D 2487-00, 2000).	29
Quadro 3.17 - Classificação Rodoviária de Solos (adaptado de LNEC E240, 1970).	30
Quadro 3.18 - Aceleração máxima de referência de projeto a_{gR} (m/s^2) nas várias zonas sísmicas (NP EN 1998-1, 2010).	32
Quadro 3.19 - Tipos de terreno litoestratigráfico (NP EN 1998-1, 2010).	33
Quadro 4.1 - Síntese dos trabalhos efetuados ao longo dos cinco casos de estudo.	36
Quadro 4.2 – Limites de consistência de Argilas de Prazeres (adaptado de Almeida, 1991).	37
Quadro 4.3 - Limites de consistência da Formação de Benfica (adaptado de Almeida, 1991).	39
Quadro 4.4 - Limites de consistência dos solos associados ao Complexo Vulcânico de Lisboa (adaptado de Almeida, 1991).	40
Quadro 4.5 - Coluna litoestratigráfica do local investigado.	44
Quadro 4.6 - Leituras dos piezómetros no decurso dos trabalhos de campo.	45
Quadro 4.7 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.....	47
Quadro 4.8 - Coluna litoestratigráfica do dispositivo geológico local investigado.	50
Quadro 4.9 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.....	52
Quadro 4.10 - Coluna litoestratigráfica do dispositivo geológico local investigado.	55
Quadro 4.11 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.....	57
Quadro 4.12 - Coluna litoestratigráfica do local investigado.	60
Quadro 4.13 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.....	62
Quadro 4.14 - Coluna litoestratigráfica do local investigado.	64

Quadro 4.15 - Registo das leituras dos níveis de água nos piezómetros durante decorrer dos trabalhos de campo.	66
Quadro 4.16 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.....	70
Quadro 5.1 – Parâmetros geotécnicos obtidos através da realização de ensaios laboratoriais.....	72
Quadro 5.2 - Comparação de algumas propriedades índice obtidas na formação "Argilas de Prazeres".	74
Quadro 5.3 Comparação de algumas propriedades índice obtidas na formação "Complexo de Benfica".	74

Índice de Abreviaturas

F	Estado de Fraturação
PDL	Penetrómetro Dinâmico Ligeiro
RQD	<i>Rock Quality Designation</i>
SPT	<i>Standart Penetration Test</i>
W	Estado de Alteração

Índice de Símbolos

Gregas Maiúsculas

Φ Ângulo de atrito do solo

Gregas Minúsculas

η_B Fator de correção do diâmetro da sondagem
 η_S Fator de correção do amostrador
 η_R Fator de correção do comprimento do trem de varas
 σ'_0 Tensão efetiva vertical de repouso
 ν Coeficiente de Poisson

Latinas Maiúsculas

C Coeficiente de forma
 C_I Índice de consistência
 C_N Fator de correção da tensão de sobrecarga em repouso
 D_{50} Diâmetro efetivo, dimensão correspondente a 50% de material passado numa curva granulométrica
 D_r Densidade relativa
E Módulo de elasticidade
 E_r Eficiência energética do equipamento
 I_p Índice de plasticidade
 N_1 Valor de N_{SPT} corrigido para um valor normalizado
 N_{60} Valor N_{SPT} corrigido para as condições de ensaio
 N_{SPT} Resultado de ensaio SPT
 P_a Pressão atmosférica
W Peso do martelo
Q Caudal

Latinas Minúsculas

c_u Resistência não drenada
h Altura de queda
k Coeficiente de permeabilidade
m Massa do martelo
 q_D Resistência dinâmica de ponta
 q_{Dmed} Resistência dinâmica média de ponta
 r_D Resistência de ponta

1. Introdução

A prospeção geotécnica consiste no conjunto de operações realizadas no local de uma futura obra de engenharia civil, com o objetivo de determinar as características geomecânicas e natureza do terreno. Estas operações aplicam-se de acordo com o plano de prospeção, sendo que o nível de detalhe do mesmo varia consoante o conhecimento existente sobre o terreno e também com o tipo e dimensões da obra. Inclui-se no plano os critérios de colheita de amostras, a realização de ensaios *in situ* (tipo e quantidade), assim como a localização dos diferentes métodos de prospeção.

As campanhas de prospeção e o sequente estudo geológico-geotécnico são essenciais para os projetos de execução de fundações, visto que o seu dimensionamento é diretamente influenciado pelas características dos terrenos. Para que um projeto de fundações seja adequado é necessário garantir uma correta caracterização do maciço geológico, de forma a que o seu dimensionamento vá de encontro às características geotécnicas afetas aos edifícios ou estruturas planeadas. A maioria dos casos de acidentes ou anomalias em engenharia civil deve-se a erros de conceção e projeto, ao deficiente dimensionamento das fundações, muitas vezes provenientes da inexistência ou incorreto conhecimento do terreno (Coelho, 1996).

A prospeção geotécnica é fundamental para o conhecimento dos terrenos, sendo os mesmos investigados através de métodos de prospeção diretos ou indiretos, com a realização de ensaios *in situ* e laboratoriais, que, para além de permitir inferir o tipo de substrato existente, permitem estabelecer grandezas físicas dos materiais, imprescindíveis em obras de engenharia.

1.1. Objetivos

O principal objetivo do presente relatório de estágio consiste em sintetizar as diversas campanhas de prospeção geológico-geotécnicas realizadas durante o período de estágio na Geocontrole, Geotecnia e Estruturas de Fundação S.A., decorrente no período entre abril de 2019 e janeiro de 2020.

O estágio consistiu na aplicação dos conhecimentos obtidos durante a licenciatura em Geologia Aplicada e do Ambiente, assim como os adquiridos no mestrado de Geologia Aplicada, especialização em Geologia de Engenharia, em contexto de trabalho real.

Durante o período de estágio realizaram-se inúmeras tarefas, tais como a caracterização geológico-geotécnica de materiais, bem como a análise de resultados provenientes de ensaios *in situ* (SPT, PDL, Lefranc) e laboratoriais, nomeadamente os de identificação e caracterização de solos, imprescindíveis na elaboração de estudos geológico-geotécnicos.

O resultado de toda a caracterização geológico-geotécnica efetuada no decorrer dos trabalhos, culminava na elaboração de diagramas de sondagens, através da aplicação de critérios de classificação descritos no decorrer do relatório. A realização dos diagramas permitiu a elaboração de perfis geológico-geotécnicos, onde se sintetiza de modo gráfico toda a informação obtida, para uma melhor compreensão da estrutura geológica em profundidade dos locais estudados.

1.2. Organização do Relatório

O relatório encontra-se dividido em cinco capítulos. No Capítulo 1, correspondente à Introdução, são apresentados os objetivos e o âmbito do trabalho.

No Capítulo 2 é apresentada a metodologia para a elaboração de estudos geológico-geotécnicos.

O Capítulo 3 aborda os diferentes métodos e equipamentos empregues na elaboração dos estudos realizados no âmbito do estágio, nomeadamente a metodologia de prospeção utilizada e os ensaios *in situ* e laboratoriais efetuados.

No Capítulo 4, é discutido o resultado das diferentes campanhas de prospeção e consequentes estudos geológico-geotécnicos. Numa primeira fase, consiste no enquadramento dos locais investigados com a geologia regional, através de consulta bibliográfica. Posteriormente, com o intuito de refinar o conhecimento do dispositivo geológico local, o estudo é completado com os resultados das campanhas de prospeção.

O Capítulo 5, corresponde às considerações finais, no qual se efetua uma comparação entre os dados bibliográficos e os obtidos com as campanhas de prospeção, assim como considerações a retirar do período de estágio.

2. Metodologia dos Estudos Geológico-Geotécnicos

A metodologia a aplicar nos estudos geológico-geotécnicos é, na generalidade, muito semelhante na generalidade dos estudos. Regra geral, segue-se sempre a mesma linha de atuação, esquematizada na Figura 2.1, embora exista uma certa flexibilidade para ser modificada, decorrente da natureza e complexidade do terreno, do tipo de obra e sua dimensão.

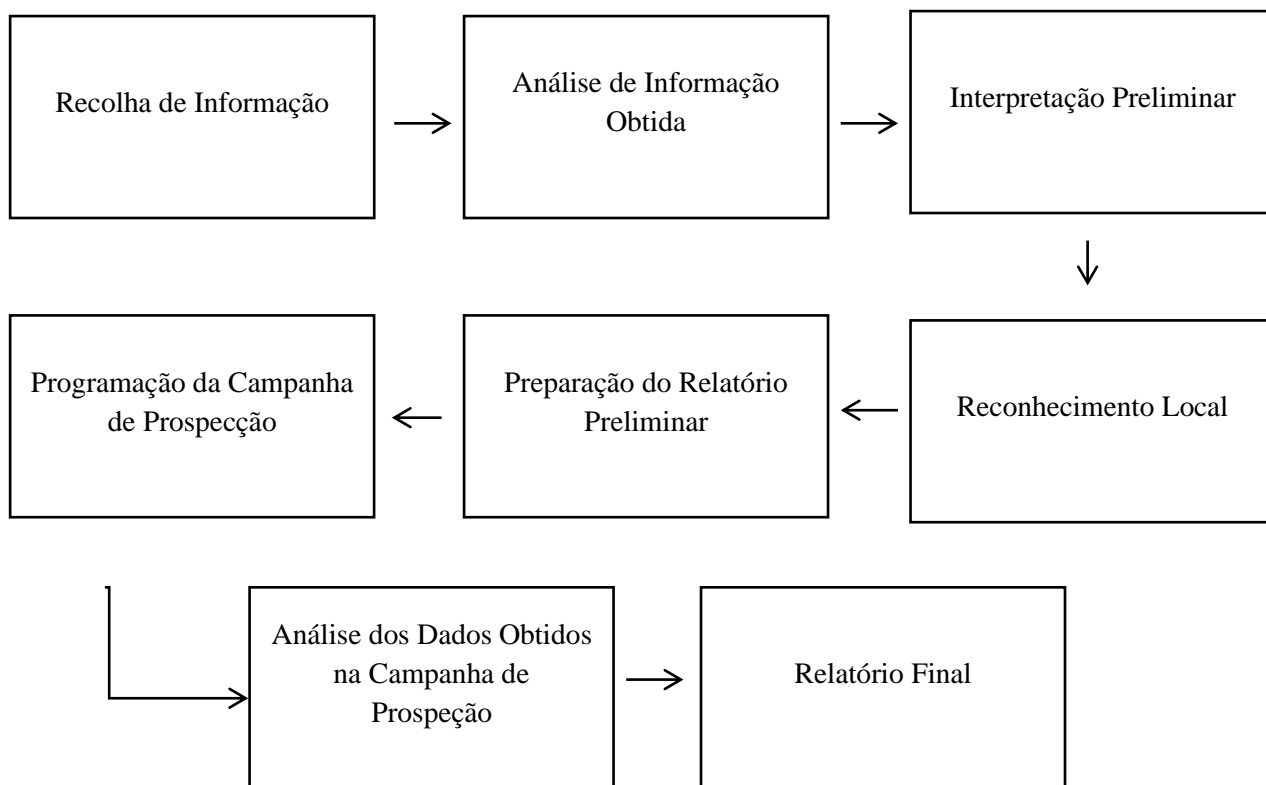


Figura 2.1 – Metodologia dos Estudos Geológico-Geotécnicos.

Para proceder à elaboração de um estudo geológico-geotécnico, é necessário realizar uma pesquisa preliminar, nomeadamente informação útil sobre a geologia e a topografia do local em estudo. A informação geológica disponível pode ser obtida através de cartas geológicas, de solos, de sismicidade, artigos científicos e relatórios técnicos sobre a geologia e geotecnia, em locais próximos ou em situações correlacionáveis. Também podem ser utilizados elementos hidrogeológicos e maregráficos, caso sejam informações pertinentes à natureza do estudo. A informação topográfica disponível pode ser obtida através de cartas topográficas, sendo a escala a utilizar diretamente proporcional à escala do estudo, utilizando-se escalas maiores para estudos de pormenor e escalas menores para estudos de áreas alargadas, estando a sua escolha condicionada também ao grau de pormenorização desejado, em função do tipo de obra. Em situações de estudos localizados em ambiente urbano, é necessário inferir mapas de cadastro, devido à existência de estruturas subterrâneas (condutas de saneamento, gás, eletricidade, entre outros), para garantir que os trabalhos de prospeção não intersejam e danificam estas estruturas.

Após recolha de toda a informação relevante, é necessário proceder ao seu tratamento, de modo a correlacionar de forma objetiva todas as características e parâmetros do local em estudo, permitindo elaborar uma análise preliminar. Por exemplo, ao comparar cartas topográficas de diferentes edições, principalmente em meios urbanos, é possível inferir uma espessura aproximada de aterros que possam ter sido colocados no local (Coelho, 1996).

A análise da informação resulta numa primeira abordagem, com a produção do relatório do estudo geológico-geotécnico preliminar. Este relatório deverá incluir informações referentes ao tipo de solo presente no local, assim como uma estimativa das propriedades típicas dos mesmos, com especial ênfase nas propriedades críticas para o problema de engenharia proposto. Se disponível, também as condições de drenagem do terreno, o tipo de substrato e a que profundidade a que este ocorre, devem estar incluídas. A análise das informações geológicas e topográficas obtidas permite identificar eventuais riscos geológicos expectáveis no local em estudo, como movimentos de massas, zonas de subsidência, possibilidade de carsificações, falhas geológicas, entre outros.

Durante o reconhecimento de superfície, se possível, devem procurar-se afloramentos das formações geológicas ocorrentes, de modo a confirmar as informações obtidas através de consulta bibliográfica. O reconhecimento local deve incidir sobre as características topográficas atuais, aparentes perturbações devido a movimentos de massas, tipos de estruturas existentes e eventuais patologias nas mesmas, assim como, esquemas das disposições geométricas de elementos estruturais de relevância, efetuando-se registo fotográfico sempre que seja pertinente. Também se deve verificar a existência ou necessidade de criar acessibilidades para os trabalhos de campo que se prevejam realizar. Após o reconhecimento de campo, deve-se incorporar e/ou reformular no relatório preliminar toda a informação obtida, aproximando a estrutura do mesmo ao que será o relatório final.

O reconhecimento de superfície permite planejar eficientemente a campanha de prospeção, que tem como objetivo obter informação não acessível à superfície. A campanha deve ser focada na obtenção da informação necessária ao estudo geológico-geotécnico, assim como aprimorar e verificar se a análise preliminar se encontra de acordo com o observado no terreno. Nesta fase, devido a todo o trabalho anterior, já existe um conhecimento significativo do local em estudo, sendo possível elaborar uma campanha de prospeção adequada, nomeadamente em relação aos métodos de investigação e às quantidades de trabalhos de campo a desenvolver, assim como definir a recolha de amostras para posterior processamento laboratorial. A realização de ensaios *in situ* está condicionada pela informação necessária ao esclarecimento das propriedades geotécnicas que são desconhecidas, sendo prioritários os ensaios que proporcionem o maior número de informações numa relação custo-benefício otimizada.

Uma vez executada a campanha de prospeção, é efetuada a análise e a interpretação dos dados provenientes da mesma, definindo-se as secções geológicas, através da elaboração de perfis geológico-geotécnicos rigorosos, complementando-os com dados provenientes dos ensaios *in situ* e laboratoriais, obtendo deste modo o modelo geológico local que espelha o dispositivo natural investigado. Estes dados são utilizados para estabelecer as conclusões do estudo geológico-geotécnico, assim como refinar informações de carácter geológico local.

3. Métodos e Equipamentos

Neste capítulo pretende-se introduzir algumas considerações relativamente aos trabalhos de prospeção geotécnica realizados para a elaboração dos diversos Estudos Geológico-Geotécnicos. No decorrer dos trabalhos foram utilizados métodos de prospeção mecânica, complementados com ensaios *in situ* e laboratoriais. Embora existam inúmeras técnicas de prospeção, apenas algumas serão abordadas. Relativamente aos métodos de prospeção mecânica, são abordadas as sondagens geotécnicas com e sem recuperação de testemunho assim como poços de reconhecimento. Foram utilizados três ensaios *in situ* distintos: dois ensaios de penetração dinâmica, SPT e PDL, e um de permeabilidade, Lefranc. Tecem-se também algumas considerações relativamente aos ensaios laboratoriais mais comumente realizados, nomeadamente granulometrias, limites de consistência e aplicação das classificações de solos.

3.1. Sondagens de furação

As sondagens de furação são métodos diretos, invasivos, que permitem atravessar os diferentes materiais geológicos, extrair testemunhos desses materiais e efetuar ensaios no interior dos furos. São caracterizados pelo pequeno diâmetro de furação, versatilidade e fácil instalação dos equipamentos. A Figura 3.1 mostra o aspeto típico de uma sonda utilizada para a realização de sondagens.

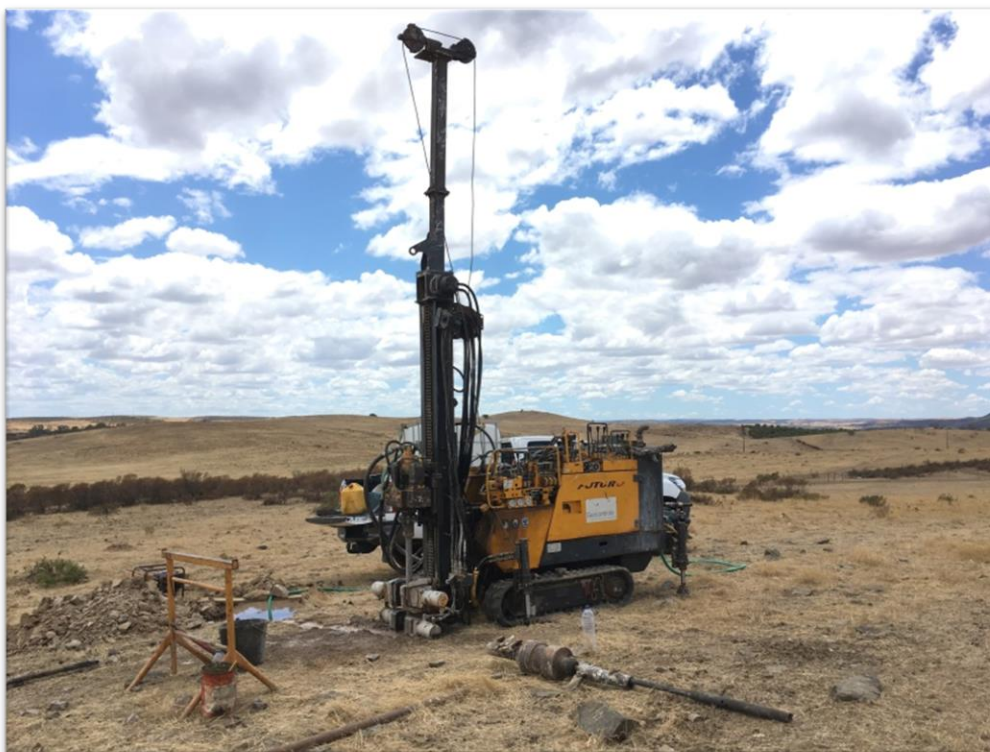


Figura 3.1 – Aspeto típico de uma sonda de perfuração.

Existem três tipos de sondagem: à rotação com recuperação de testemunho, por trado, e à percussão, sendo as duas primeiras as mais utilizadas atualmente em campanhas de prospeção.

As sondagens à rotação com recuperação de testemunho permitem atingir profundidades muito elevadas, embora nos trabalhos vocacionados para a engenharia civil não seja necessário atingir com muita frequência profundidades superiores à meia centena de metros. No caso de a profundidade de

investigação ser elevada, como no caso de túneis profundos, é necessário, por vezes, controlar o desvio que se pode produzir.

A ferramenta de furação utilizada é uma coroa de tungsténio ou diamante, utilizando-se a primeira para rochas brandas/solos e a última para rochas duras. Alguns materiais podem ser difíceis de furar, como os solos não coesivos, devido à desagregação e arraste produzido pelo fluído de perfuração.

Neste tipo de sondagem a extração do testemunho é contínua, e a percentagem de recuperação em relação com o comprimento da manobra pode ser muito alta, dependendo do sistema de extração e das características do terreno (Vallejo *et al.*, 2004).

As sondagens à rotação com recuperação de testemunho podem ser utilizadas em todo o tipo de substrato, sendo utilizadas, preferencialmente, em maciços rochosos ou em maciços constituídos por intercalações de solos e rochas, como exemplificado na Figura 3.2.



Figura 3.2 - Exemplo de aspeto de testemunhos obtidos através de sondagens à rotação com recuperação de testemunho. À esquerda em rocha branda (calcário) e à direita em rocha dura com intercalações de solos (granito e granito decomposto).

Este tipo de sondagem pode realizar-se com circulação de água ou lamas/polímeros, mesmo que exista presença de água em toda a profundidade da furação. De modo a obter bons rendimentos e resultados, a técnica a escolher tem de ser adaptada à natureza do terreno, selecionando o melhor tipo de sonda, de varas e coroas, assim como a velocidade de rotação, pressão sobre a coroa e a frequência com que se efetuam manobras.

As sondagens por trado são realizadas através de trados ocos ou maciços, como exemplificado na Figura 3.3, que podem ser acionados manualmente ou mecanicamente. As amostras obtidas neste tipo de perfuração são, porém, remexidas, sendo possível obter amostras inalteradas através da introdução de um amostrador pelo tubo central.

A utilização deste tipo de furação é vantajosa em terrenos com seixo, ou quando o substrato é composto por materiais não coesivos, podendo atingir profundidades na ordem das dezenas de metros.



Figura 3.3 - Trados ocios utilizados em furação sem recuperação de testemunho.

No caso de as sondagens incidirem sobre substrato rochoso, podem aplicar-se os seguintes critérios de classificação do maciço:

- Percentagem de Recuperação por Manobra (% Recuperação)

Este critério corresponde à relação entre a soma dos comprimentos de todos os tarolos obtidos e o comprimento furado em cada manobra (Equação 3.1). Indica o estado de alteração das rochas atravessadas, considerando-se normalmente que o maciço é pouco alterado quando se obtêm percentagens superiores a 80%, logo, em princípio de boa qualidade. Para percentagens entre 50% e 80%, os valores intermédios, considera-se medianamente alterado. Quando se obtêm percentagens inferiores a 50% o maciço encontra-se muito alterado, logo de qualidade deficiente.

$$\text{Recuperação (\%)} = \frac{\text{Comprimento de rocha recuperado}}{\text{Comprimento total da manobra}} \times 100 \quad (3.1)$$

- Rock Quality Designation (RQD)

Também apelidado de recuperação modificada, este critério é baseado na percentagem de recuperação, onde considera apenas os testemunhos com comprimento igual ou superior a 10 cm, dividindo o somatório dos seus comprimentos pelo comprimento total furado em cada manobra (Equação 3.2). Este critério proposto por Deere (Deere *et al.* (1989), faz uma estimativa quantitativa da qualidade do maciço rochoso a partir da análise do testemunho de sondagem, de acordo com o Quadro 3.1.

$$RQD (\%) = \frac{\sum \text{comprimento de testemunhos maiores que 10 cm}}{\text{Comprimento total da manobra}} \times 100 \quad (3.2)$$

Quadro 3.1 - *Rock Quality Designation* - RQD (adaptado de Deere, 1989).

RQD (%)	Qualidade do maciço rochoso
0 – 25	Muito fraco
25 – 50	Fraco
50 – 75	Razoável
75 – 90	Bom
90 – 100	Excelente

- Estado de Fraturação (F)

O estado de fraturação permite classificar o maciço rochoso quanto ao seu espaçamento, de muito pouco fraturado a muitíssimo fraturado, considerando-se cinco classes, conforme descrito no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Classificação de fraturação do maciço (adaptado de ISRM, 1980).

Classe	Descrição	Classificação
F1	Fraturas muito afastas (>200 cm)	Maciço muito pouco fraturado
F2	Fraturas afastadas (60 a 200)	Maciço pouco fraturado
F3	Fraturas medianamente afastadas (20 a 60 cm)	Maciço medianamente fraturado
F2	Fraturas próximas (6 a 20 cm)	Maciço muito fraturado
F1	Fraturas muito próximas (<6 cm)	Maciço muitíssimo fraturado

- Estado de Alteração (W)

O estado de alteração permite classificar o maciço rochoso quanto ao seu estágio evolutivo de alteração, considerando-se habitualmente cinco classes, conforme descrito no Quadro 3.3. Este critério de classificação, que se baseia na resistência dos materiais, quando aplicado a maciços carbonatados, devido aos fenômenos de dissolução cársica, avalia sobretudo a porosidade do meio.

Quadro 3.3 - Classificação do grau de alteração da rocha (adaptado de ISRM, 1980).

Classe	Descrição	Classificação
W1	Rocha isenta de alteração, de cor lustrosa em toda a sua massa	Rocha sã
W2	Superfícies de descontinuidades manchadas de óxidos, mas parte intacta entre estas mantém a cor lustrosa da rocha	Rocha pouco alterada
W3	Evidencia meteorização acentuada na zona das descontinuidades e a partir destas para o interior, reconhecendo-se alteração de cor em relação à rocha sã, podendo manifestar-se sobre o aspeto de manchas localizadas ou afetando toda a massa rochosa	Rocha medianamente alterada
W2	Apresenta meteorização intensa, parcialmente transformada em materiais residuais ou facilmente desagregável à mão	Rocha muito alterada
W1	Apresenta comportamento terroso muito generalizado, sendo visível a estrutura original remanescente	Rocha decomposta

3.2. Poços de Reconhecimento

Os poços de reconhecimento são escavações efetuadas manualmente ou mediante meios mecânicos convencionais, sendo utilizados especialmente em solos ou em rochas brandas. A grande vantagem deste método de prospeção é permitir a observação direta do terreno, possibilitando a análise das variações que ocorrem no solo em profundidade. São de grande utilidade quando se pretende colher grandes quantidades de amostras remexidas ou realizar ensaios *in situ* sobre os terrenos expostos.

Sendo dos métodos mais utilizados no reconhecimento subsuperficial do terreno, devido à sua rápida execução e baixo custo, apresenta algumas limitações. Por vezes, ao serem realizados em materiais pouco coesivos, é necessário proceder à sua entivação, de modo a evitar a queda de material das paredes. A Figura 3.4 exemplifica um dos métodos de entivação utilizados com recurso a pranchas de madeira. A profundidade atingida pelos poços está diretamente relacionada com a capacidade de escavação da maquinaria utilizada na sua abertura, assim como a existência de nível freático, tornando nesses casos o seu avanço muito difícil sem dispositivos de bombagem.



Figura 3.4 - Poços de reconhecimento com entivação efetuados em materiais não coesivos.

3.3. Ensaios *in situ*

Os ensaios *in situ* têm uma grande relevância para a determinação das propriedades geotécnicas dos materiais geológicos, sendo realizados nas condições naturais dos terrenos. Permitem solicitar o terreno na sua condição real, visto envolverem um maior volume de terreno, ao contrário do que acontece nos ensaios laboratoriais.

Têm como principal objetivo a avaliação das propriedades do solo necessárias para o dimensionamento de estruturas geotécnicas, constituindo por vezes o meio mais fiável para a determinação de parâmetros a serem usados em análise e dimensionamento geotécnico ou para avaliação de perfis do subsolo (Viana da Fonseca, 1996).

O tipo de ensaio a realizar depende da natureza do solo a caracterizar e dos parâmetros a inferir, pelo que a combinação de vários ensaios nas campanhas de prospeção geotécnicas permite obter informação mais refinada da geologia local, através da correlação e comparação dos valores obtidos nos diferentes ensaios efetuados.

3.3.1. Ensaio de Penetração Dinâmica Normalizada (SPT)

O ensaio de penetração dinâmica normalizada (SPT) realiza-se no interior de furos de sondagem no decurso da furação, e pode ser executado praticamente em todos os solos, com exceção de solos grosseiros. É normalmente executado em todo o comprimento da sondagem, habitualmente a cada 1,5 m de profundidade. Tem como objetivo determinar a resistência dos solos à penetração dinâmica de um amostrador normalizado, como exemplificado na Figura 3.5, através do número de pancadas necessárias para este penetrar no terreno um determinado comprimento (N_{SPT}).



Figura 3.5 - Exemplo de amostrador Terzaghi normalizado de meias canas.

Embora seja um ensaio simples de realizar, tem como principal limitação a necessidade de usar correlações empíricas para a parametrização geotécnica dos materiais geológicos, que podem variar dependendo do tipo de maciço e do tipo de equipamento utilizado (Viana da Fonseca, 1996). O baixo custo associado a este ensaio, assim como a sua simplicidade e robustez permitiram acumular resultados

de condições geotécnicas nos mais diversos ambientes geológicos, permitindo estabelecer correlações entre o N_{SPT} com parâmetros dos solos.

Os resultados do ensaio podem ser influenciados por diversos fatores, como o tipo de solo, as condições de amostragem, dispositivos de cravação e pelos operadores (Cavalcante, 2002). O Quadro 3.4 apresenta algumas das vantagens e desvantagens da utilização do ensaio SPT.

Quadro 3.4 - Vantagens e desvantagens do ensaio SPT, adaptado de Mayne *et al.*, (2002).

Vantagens	Desvantagens
Permite obter uma amostra e um valor analítico em simultâneo	A recolha simultânea resulta em má qualidade, tanto para a amostra como para o valor (N_{SPT})
Simple e robusto	Perturbação da amostra
Adequado a muitos tipos de solo	Valor grosseiro para análise (N_{SPT})
Realizável em rochas brandas	Não aplicável em argilas ou siltes muito moles
Disponível em todo o mundo	Grande variabilidade e incerteza

O procedimento do ensaio consiste na queda de uma massa de 63,5 kg de uma altura de 76 cm sobre um batente, fornecendo energia ao trem de varas que leva à cravação de um amostrador normalizado no terreno. O ensaio SPT divide-se em duas fases, consistindo em três penetrações sucessivas do amostrador em trechos de 15 cm, contando-se o número de pancadas necessárias para cravar cada trecho. A Figura 3.6 esquematiza a realização do ensaio SPT.

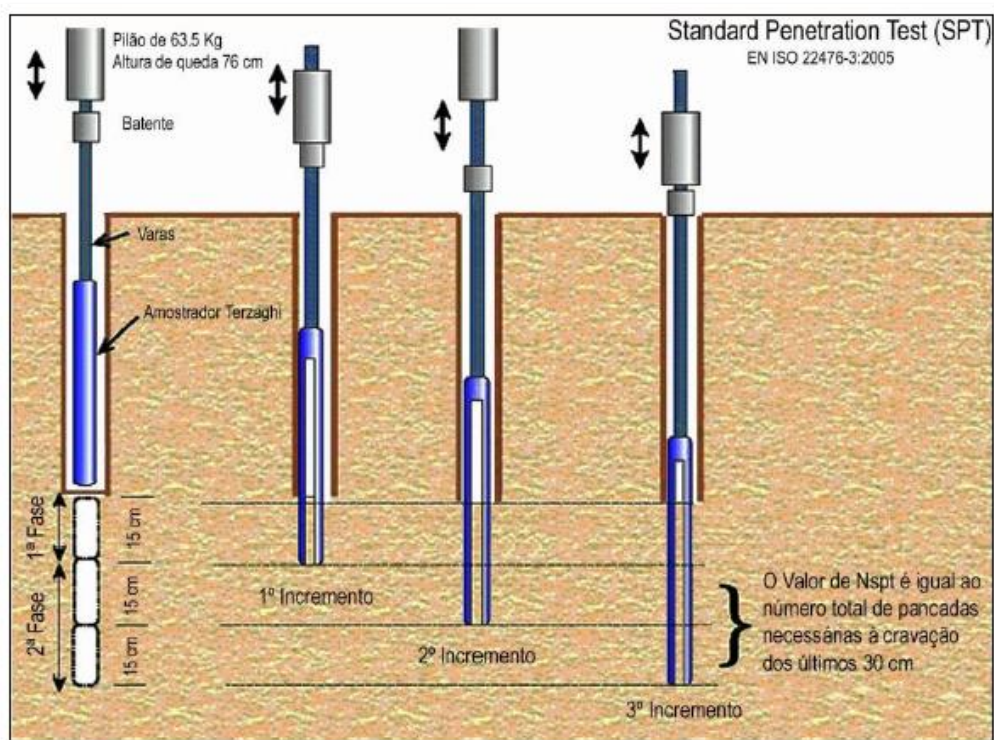
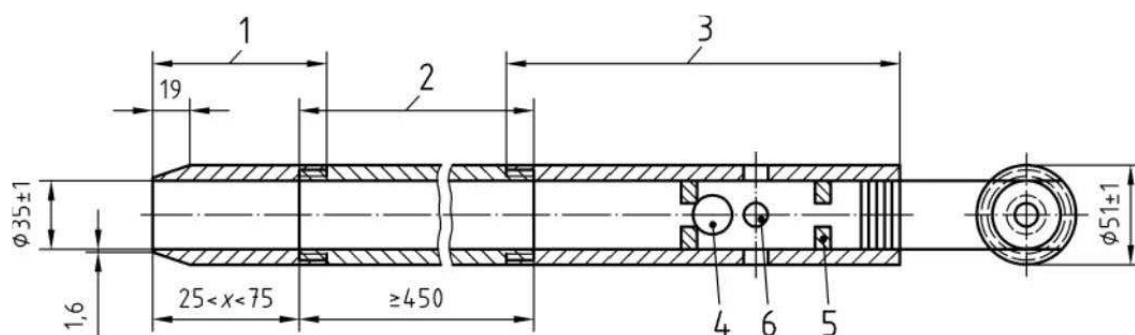


Figura 3.6 - Esquema do procedimento do ensaio SPT segundo a norma EN ISO 22476-3 (2005).

Na primeira fase, correspondente ao primeiro trecho, o valor obtido do número de pancadas é desprezado, sendo meramente indicativo pois o seu objetivo é apenas ultrapassar a camada de solo que se encontra remexida devido à perfuração. Os restantes dois trechos, correspondentes aos 30 cm finais

da cravação, formam a segunda fase, na qual o somatório de pancadas necessárias para penetrar cada trecho do amostrador é designado por N_{SPT} , a partir do qual se pode deduzir a resistência do solo. O facto de esta fase estar dividida em dois trechos de 15 cm permite detetar eventuais heterogeneidades significativas no total dos 30 cm, como a existência de camadas de compactidade muito distintas ou de blocos de rocha soltos. Em alguns casos, dada a elevada resistência do terreno, não se consegue o avanço do amostrador, excedendo os 60 golpes. Nestas situações, o ensaio termina e é considerado como “nega”.

De acordo com a norma EN ISO 22476-3:2005 (2005), o ensaio é constituído pelos seguintes elementos: varas de aço, que não podem exceder 10 kg/m de massa e possuir rigidez suficiente para evitar a encurvadura das mesmas; dispositivo de queda, que não deverá exceder 115 kg, constituído por batente em aço maciço, com massa de $63,5 \pm 0,5$ kg, e sistema de elevação do martelo automático, que o eleva até à altura necessária lançando-o em queda livre; e amostrador, cujos componentes e dimensões (em milímetros) se encontram descritos na secção longitudinal presente na Figura 3.7.



Onde:

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1 – Ponteira; | 4 – Válvula antirretorno; |
| 2 – Tubo central bipartido (meias-canais); | 5 – Cavilha de retenção de esfera; |
| 3 – Cabeça; | 6 – Orifício de ventilação; |

Figura 3.7 - Secção longitudinal de amostrador SPT (EN ISO 22476-3:2005).

O ensaio SPT permite obter resultados eficazes em diferentes tipos de solos, tendo como principal vantagem o facto de uma pequena porção do solo correspondente aos últimos 30 cm ser recolhida e guardada, permitindo ser analisada para posterior definição da estratigrafia do terreno ou análise laboratorial.

3.3.1.1. Correções a aplicar ao valor de N_{SPT}

Para se poder considerar o valor de N_{SPT} para correlações empíricas de determinação de parâmetros geotécnicos dos solos poderá ser necessário aplicar algumas correções ao valor obtido. Os fatores recomendados a corrigir são referentes ao efeito de sobrecarga em solos granulares e a eficiência energética do martelo.

De seguida são apresentadas as correções recomendadas a efetuar ao resultado de N_{SPT} de modo a que se possa utilizar o seu valor nas correlações empíricas de parâmetros geotécnicos.

Correção do valor de N_{SPT} para o efeito de sobrecarga em solos granulares

Nos solos granulares o valor de N_{SPT} é afetado pelo efeito de tensão de sobrecarga efetiva, σ'_0 . Devido a esta condicionante, o valor de N_{SPT} facultado pelo ensaio SPT em diferentes tensões de sobrecargas efetivas deve ser corrigido para corresponder a um valor normalizado de tensão de sobrecarga (Ameratunga *et al.*, 2016), através da aplicação da Equação 3.3.

$$N_1 = C_N \times N_{SPT} \quad (3.3)$$

Onde:

N_1 = valor de N_{SPT} corrigido para um valor normalizado de $\sigma'_0 = P_a \approx 100 \text{ kN/m}^2$

C_N = Fator de correção

σ'_0 = Tensão efetiva vertical de repouso

P_a = Pressão atmosférica $\approx 100 \text{ kN/m}^2$

Vários autores propuseram algumas correlações empíricas para o fator de correção, C_N , mas as mais citadas encontram-se em Liao e Whitman (1986), demonstrada na Equação 3.4, e Skempton (1986), demonstradas através das Equações 3.5 a 3.7, sendo que a primeira pode ser utilizada para a generalidade das areias (Ameratunga *et al.*, 2016).

$$C_N = \left[\frac{1}{\left(\frac{\sigma'_0}{P_a} \right)} \right]^{0,5} \quad (3.4)$$

Para areias finas normalmente consolidadas:

$$C_N = \frac{2}{1 + \left(\frac{\sigma'_0}{P_a} \right)} \quad (3.5)$$

Para areias grosseiras normalmente consolidadas:

$$C_N = \frac{3}{2 + \left(\frac{\sigma'_0}{P_a} \right)} \quad (3.6)$$

Para areias sobreconsolidadas:

$$C_N = \frac{1,7}{0,7 + \left(\frac{\sigma'_0}{P_a} \right)} \quad (3.7)$$

Correção para a eficiência energética do martelo

Existem diversos fatores que contribuem para a variação do valor N_{SPT} obtido a uma dada profundidade em perfis de solos semelhantes, tais como a eficiência do martelo, o diâmetro da sondagem, o método de amostragem e o comprimento do trem de varas (Skempton, 1986). A eficiência energética do martelo pode ser calculada através da Equação 3.8 (Ameratunga *et al.*, 2016).

$$E_r(\%) = \frac{\text{Energia de impacto real do martelo}}{\text{energia de impacto teórica do martelo}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Energia de impacto real do martelo}}{W \times h} \times 100 \quad (3.8)$$

Onde:

$E_r(\%)$ = Eficiência energética do equipamento

W = Peso do martelo $\approx 0,623$ kN

h = Altura de queda $\approx 0,76$ m

Ao efetuar um ensaio SPT é recomendável transformar o valor obtido, N_{SPT} , no valor que se obteria se o equipamento tivesse uma eficiência de 60%, N_{60} . Diversos autores concluíram que a energia transmitida pelo impacto do martelo ao trem de varas com disparo automático do martelo tem uma eficiência energética, E_r , na ordem dos 60%, e se o ensaio SPT se encontrar normalizado então pode-se assumir que $N_{SPT} \approx N_{60}$ (Afonso, 2016).

É possível corrigir o valor de N_{60} para um valor normalizado de tensão de sobrecarga efetiva com uma eficiência energética de 60%, $(N_1)_{60}$, através da Equação 3.9 (Ameratunga *et al*, 2016).

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \quad (3.9)$$

Utilizando a Equação 3.10 para o efeito, aplicam-se correções relativamente à eficiência energética do martelo, diâmetro da sondagem (Quadro 3.5), tipo de amostrador (Quadro 3.6) e comprimento de trem de varas (Quadro 3.7) (Ameratunga *et al*, 2016).

$$N_{60} = \frac{N_{SPT} \times E_r \times \eta_B \times \eta_S \times \eta_R}{60} \quad (3.10)$$

Onde:

N_{60} = Valor N_{SPT} corrigido para uma eficiência de 60%

N_{SPT} = Número de pancadas

E_r = Eficiência energética do martelo (%)

η_B = Fator de correção do diâmetro da sondagem

η_S = Fator de correção do amostrador

η_R = Fator de correção do comprimento do trem de varas

Quadro 3.5 - Variação do fator de correção para o diâmetro da sondagem, η_B (Skempton, 1986).

Diâmetro (mm)	η_B
60 – 120	1
150	1,05
200	1,15

Quadro 3.6 - Variação do fator de correção para o tipo de amostrador utilizado, η_s (Skempton, 1986).

Tipo de amostrador	η_s
Normalizado	1
Com revestimento para areia compacta e argilas	0,8
Com revestimento para areia solta	0,9

Quadro 3.7 - Variação do fator de correção para o comprimento do trem de varas, η_R (Skempton, 1986).

Comprimento do trem de varas (m)	η_R
> 10	1
6 – 10	0,95
4 – 6	0,85
0 – 4	0,75

3.3.1.2. Correlações entre o valor N_{SPT} e parâmetros geotécnicos do solo

A utilização de ensaios SPT em todo o mundo permitiu que diversos autores estabelecessem inúmeras correlações empíricas entre o resultado do ensaio e parâmetros e características geotécnicas dos solos. Algumas das correlações possíveis de estabelecer são: densidade relativa de areias, D_r , ângulo de atrito de areias, ϕ , módulo de elasticidade de areias, E , e resistência não drenada de argilas, c_u .

Correlação de N_{SPT} com a Densidade Relativa das areias D_r

A densidade relativa, D_r , é um parâmetro que indica a compressibilidade de um determinado solo granular, variando entre 0 e 100%, sendo que quanto maior for o seu valor, mais compacto o solo se encontra.

Terzaghi e Peck (1967) forneceram a primeira descrição qualitativa da densidade relativa da areia baseada no valor N_{SPT} , representada no Quadro 3.8.

Quadro 3.8 - Descrição qualitativa da densidade relativa (baseado em Terzaghi e Peck, 1967)

N_{SPT}	Densidade relativa, D_r
0 – 4	Muito solta
4 – 10	Solta
10 – 30	Medianamente compacta
30 – 50	Compacta
> 50	Muito compacta

Posteriormente, Gibbs e Holtz (1957, 1979) providenciaram correlações entre o valor N_{SPT} , σ'_0/ρ_0 , e a densidade relativa, através do ábaco presente na Figura 3.8, e depois mais tarde através do ábaco presente na Figura 3.9, que possui melhor aplicabilidade.

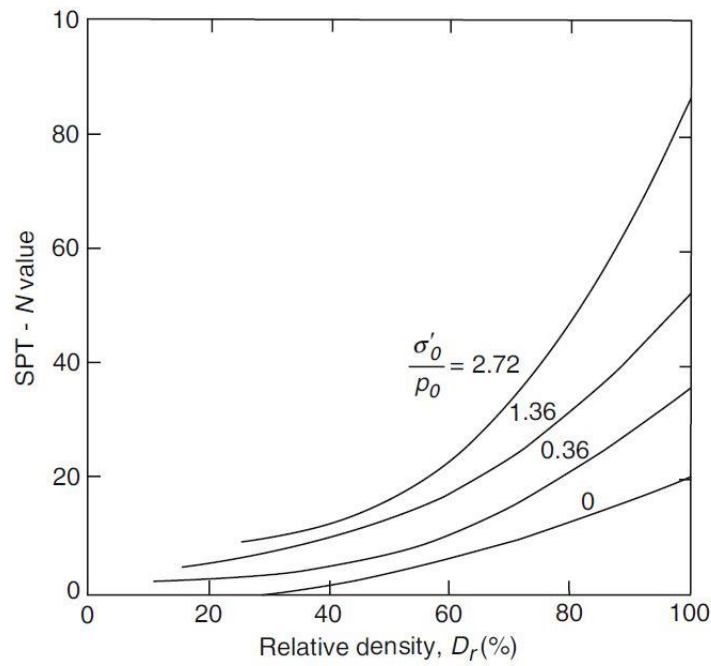


Figura 3.8 - Variação de N_{SPT} com σ'_0/ρ_0 e D_r (Gibbs e Holtz, 1957, extraído de Ameratunga *et al*, 2016).

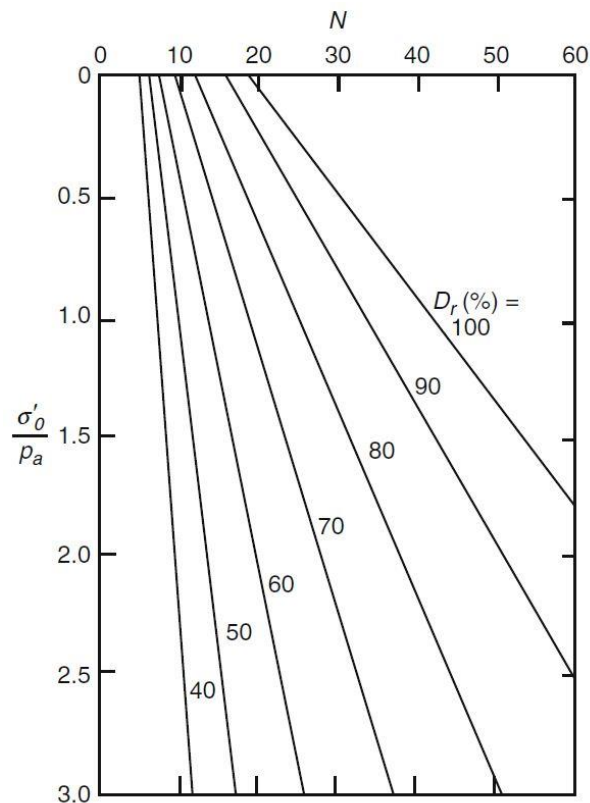


Figura 3.9 – Variação de D_r com N_{SPT} e σ'_0/ρ_a (Gibbs e Holtz, 1979, extraído de Ameratunga *et al*, 2016).

Para o cálculo da densidade relativa, Meyerhof (1957) propôs uma correlação entre D_r e N_{SPT} através da Equação 3.11, onde o valor de N_{SPT} é aproximadamente igual ao de N_{60} , dando boas estimativas para areias finas a médias limpas.

$$D_r (\%) = 20,4 \times \left(\frac{N_{SPT}}{0,7 + \frac{\sigma'_0}{P_a}} \right)^{0,5} \quad (3.11)$$

Após analisarem inúmeras areias medianamente compactas, Kulhawy e Mayne (1990) propuseram a Equação 3.12 como correlação para a densidade relativa deste tipo de areia.

$$D_r (\%) = \left[\frac{(N_1)_{60}}{60 + 25 \log D_{50}} \right]^{0,5} \times 100 \quad (3.12)$$

Onde:

D_{50} = Dimensão média do grão (mm)

Correlação de N_{SPT} com o ângulo de atrito de areias, ϕ

Em relação a correlações dos resultados dos ensaios SPT com o ângulo de atrito, estas podem ser estimadas tanto indiretamente através dos valores obtidos pelo D_r , como diretamente a partir do valor de N_{SPT} .

No caso de estimativas indiretas, Meyerhof (1959) propôs a correlação expressa na Equação 3.13.

$$\Phi (^\circ) = 28 + 0,15D_r \quad (3.13)$$

DeMello (1971) propôs um ábaco que relaciona o valor de N_{SPT} , σ'_0/P_a , e o ângulo de atrito, representado na Figura 3.10, onde o valor de N_{SPT} é aproximadamente igual ao de N_{60} .

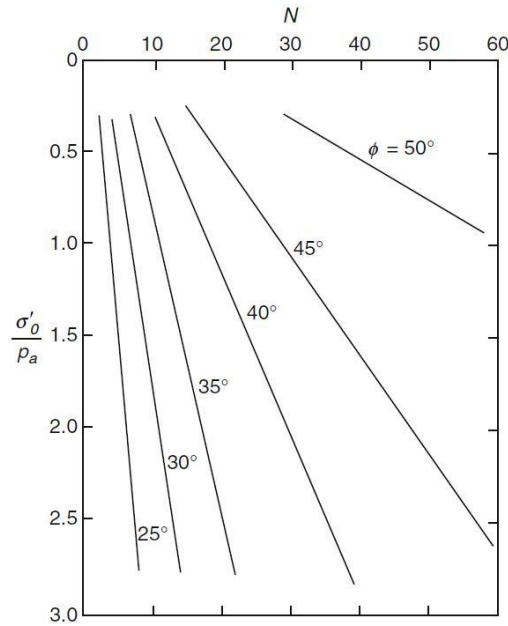


Figura 3.10 - Estimativa de ϕ em função de N_{SPT} e da tensão vertical efetiva (DeMello, 1971, extraído de Ameratunga *et al*, 2016).

Hatanaka e Uchida (1996) correlacionaram o ângulo de atrito do solo com o valor de N_{SPT} corrigido a uma eficiência energética de 60% a uma tensão normalizada, através da Equação 3.14.

$$\Phi (^{\circ}) = \sqrt{20(N_1)_{60}} + 20 \quad (3.14)$$

Correlação entre N_{SPT} e o módulo de elasticidade para solos arenosos, E

Existem várias propostas de relações empíricas para o módulo de elasticidade, dependendo do tipo de solo. Algumas dessas correlações são enunciadas de seguida.

Webb (1969), propôs a relação expressa na Equação 3.15 para areia e areia argilosa, assim como Ferrent (1963) através da correlação presente na Equação 3.16.

$$E \text{ (kN/m}^2\text{)} \approx 479(N + 15) \quad (3.15)$$

$$E \text{ (kN/m}^2\text{)} \approx 718(1 - v^2)N \quad (3.16)$$

Onde:

v = Coeficiente de Poisson

Begemann (1974) propôs duas relações de forma a calcular o módulo de elasticidade para siltes arenosos a cascalhos arenosos, sendo a primeira representada na Equação 3.17 para valores de $N_{SPT} > 15$, e a segunda representada na Equação 3.18 para valores de $N_{SPT} < 15$.

$$E \text{ (kN/m}^2\text{)} \approx 4000 + 100C(N - 6) \quad (3.17)$$

$$E \text{ (kN/m}^2\text{)} \approx 100C(N + 6) \quad (3.18)$$

Onde:

$C = 3$ para siltes arenosos a 12 para cascalho arenoso.

Devido a bastantes incertezas, Kulhawy e Mayne (1990) propuseram três relações de aproximação: a primeira, demonstrada na Equação 3.19, para areias com finos; a segunda, demonstrada na Equação 3.20, para areias medianamente compactas limpas; e a terceira, demonstrada na Equação 3.21, para areias muito compactas limpas.

$$\frac{E}{P_a} \approx 5 \times N_{60} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (3.19)$$

$$\frac{E}{P_a} \approx 10 \times N_{60} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (3.20)$$

$$\frac{E}{P_a} \approx 15 \times N_{60} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (3.21)$$

Onde:

P_a = Pressão atmosférica

Correlação entre N_{SPT} e a resistência não drenada de solos argilosos, c_u

Terzaghi e Peck (1967), propuseram uma aproximação à consistência de solos argilosos, com o valor correspondente de N_{SPT} e resistência não drenada, c_u , através do Quadro 3.9.

Quadro 3.9 - Variação aproximada da consistência em relação ao valor de N_{SPT} e resistência não drenada das argilas (Terzaghi e Peck, 1967).

Consistência	N_{SPT}	C_u (kN/m²)
Muito mole	0 – 2	< 12
Mole	2 – 4	12 – 25
Medianamente consistente	4 – 8	25 – 50
Dura	8 – 15	50 – 100
Muito dura	15 – 30	100 - 200
Rija	> 30	> 200

Szechy e Varga (1978), providenciaram uma correlação entre o índice de consistência (CI), valor de N_{SPT} e a resistência não drenada, representada no Quadro 3.10.

Quadro 3.10 - Variação de CI, N_{SPT} e c_u (Szechy e Varga, 1978, extraído de Ameratunga *et al.*, 2016)

N_{SPT}	Índice de Consistência (CI)	Consistência	C_u (kN/m²)
< 2	< 0,5	Muito mole	< 12,5
2 – 8	0,5 – 0,75	Mole a medianamente consistente	12,5 – 40
8 – 15	0,75 – 1,0	Dura	40 – 75
15 – 30	1,0 – 1,5	Muito dura	75 – 200
> 30	> 1,5	Rija	> 200

Salgado (2008), modificando a proposta de Stroud (1975) para calcular a resistência não drenada das argilas, chegou à correlação representada pela Equação 3.22, que utiliza uma variável α' consoante o índice de plasticidade das argilas. Alguns destes valores podem ser consultados no Quadro 3.11.

$$\frac{c_u}{p_a} \approx \alpha' N_{60} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (3.22)$$

Quadro 3.11 - Variação de α' com o Índice de Plasticidade (adaptado de Ameratunga *et al*, 2016).

Índice de Plasticidade, I_P	α'
15	0,068
20	0,055
25	0,048
30	0,045
40	0,044
60	0,043

3.3.2. Ensaio de Penetração Dinâmica Ligeira (PDL)

O ensaio de penetração dinâmica ligeira (PDL) é um método de prospeção simples, que permite investigar rapidamente as condições de resistência dos solos *in situ*. Dentro dos vários tipos de penetrómetros disponíveis, o PDL representa o mais ligeiro. Ao contrário do ensaio SPT, o PDL permite obter perfis de resistência dos solos em registo praticamente contínuo, embora não permita a recolha de amostras. É possível observar alguns aspetos da realização dos ensaios PDL na Figura 3.11.

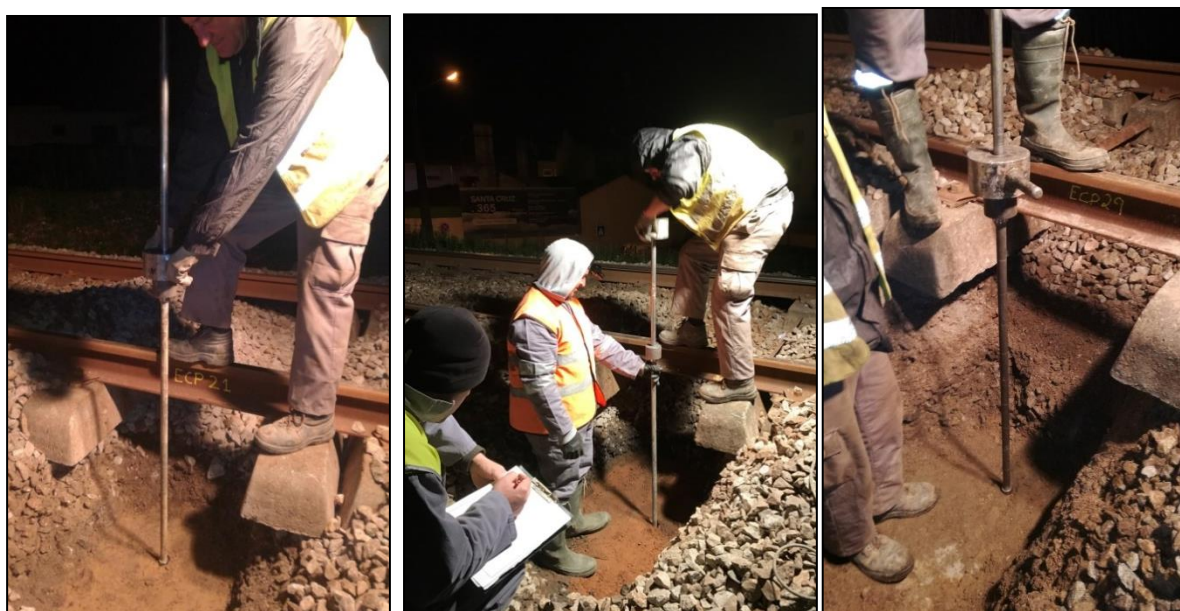


Figura 3.11 - Aspetos da realização do ensaio PDL.

O ensaio consiste na cravação de uma ponteira cônica no terreno, através da queda de um martelo com massa de 10 kg de uma altura de 50 cm sobre um batente, que por sua vez irá fornecer energia às varas ligadas à ponteira. O objetivo do ensaio é determinar o número de pancadas necessárias para a ponteira avançar 10 cm em profundidade. A Figura 3.12 ilustra o aspeto típico do equipamento.

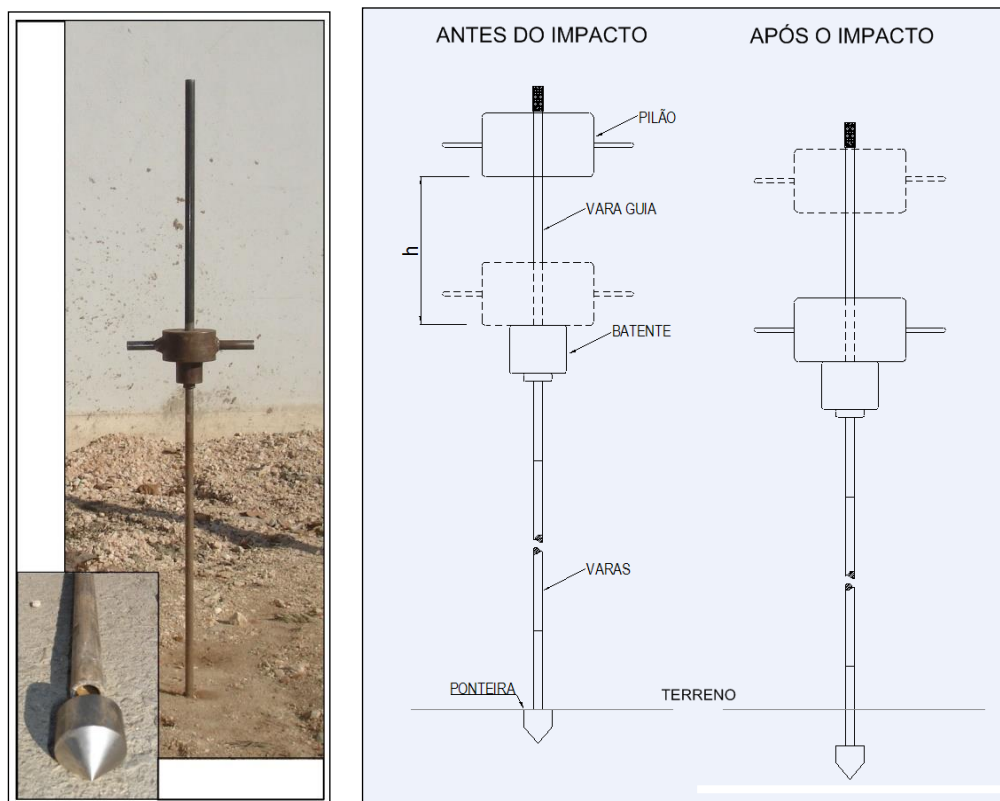


Figura 3.12 - Aspeto típico do PDL e esquema de execução (extraído de Du Plessis *et al.*, 2009).

Este tipo de ensaio é utilizado quando se pretende obter indicações qualitativas e quantitativas acerca da resistência dos materiais superficiais, sendo bastante útil quando combinado com outros métodos de prospeção, como sondagens geotécnicas e poços de reconhecimento. Embora o ensaio seja rápido e económico, de fácil mobilização, transporte e manipulação do equipamento, esta mesma versatilidade poderá apresentar incertezas na sua execução e obtenção de resultados. O Quadro 3.12 faz um balanço das vantagens/desvantagens do mesmo.

Quadro 3.12 - Vantagens e desvantagens do PDL (adaptado de Rodrigues, 2016).

Vantagens	Desvantagens
Fácil manuseamento do equipamento	Não permite recolha de amostras
Obtenção, interpretação e leitura simples dos resultados	Apenas permite medição direta do índice de resistência à penetração
Possibilidade de realizar ensaio em locais de difícil acesso	O ensaio deve ser complementado com outros métodos de prospeção
Baixo custo	Ensaio comprometido caso o substrato não seja firme
Grande número de leituras num curto espaço de tempo	Necessidade de controlar o posicionamento durante execução

A norma EN ISO 22476-2:2005 (2005) especifica as dimensões e as massas deste dispositivo, de modo a normalizar o procedimento do ensaio, de acordo com o Quadro 3.13.

Quadro 3.13 - Dimensões e massas dos componentes do PDL (adaptado de EN ISO 22476-2:2005).

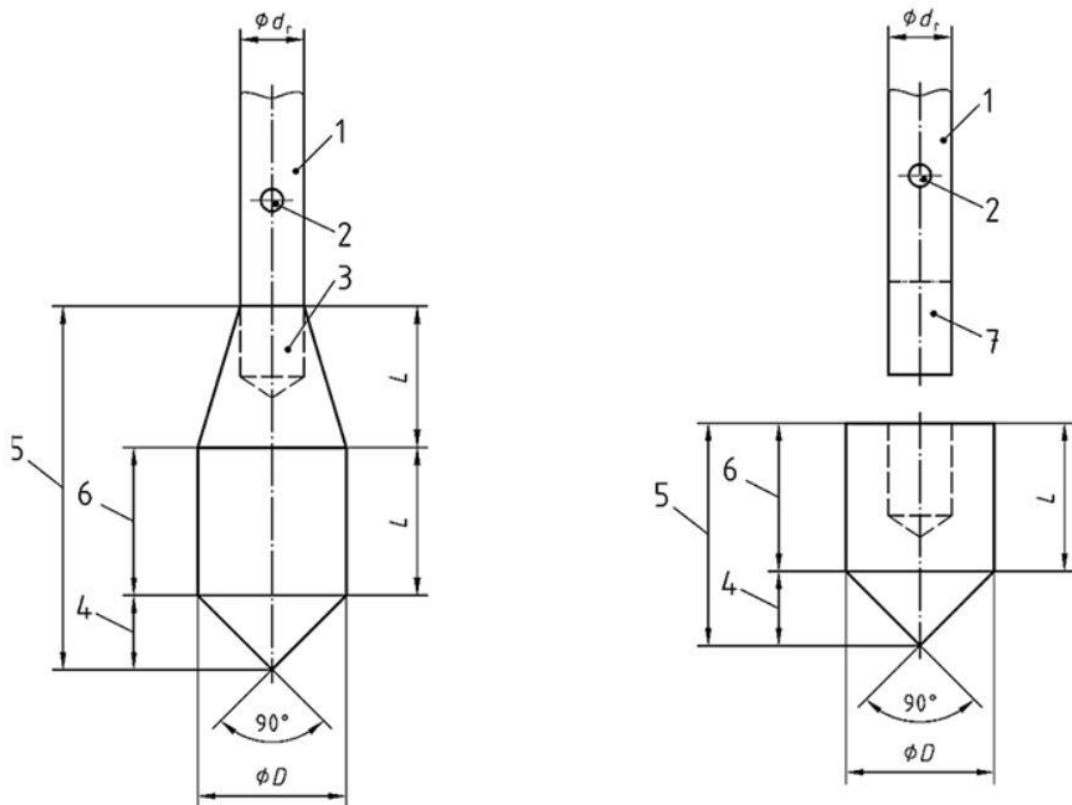
Dispositivos para ensaios de penetração dinâmica	Símbolo	Unidade	PDL
<u>Dispositivo de queda</u>			
Massa do martelo	m	kg	$10 \pm 0,1$
Altura de queda	h	mm	500 ± 10
<u>Batente</u>			
Diâmetro	d	mm	$50 < d < D_h^a$
Massa máxima com vara guia	m	kg	6
<u>Cone de 90°</u>			
Área nominal da base	A	cm ²	10
Diâmetro da base, nova	D	mm	$35,7 \pm 0,3$
Diâmetro da base, usada (mínimo)		mm	34
Comprimento do revestimento cilíndrico	L	mm	$35,7 \pm 1$
Comprimento da ponta cónica		mm	$17,9 \pm 0,1$
Desgaste máximo admissível da ponta		mm	3
<u>Varas^b</u>			
Massa (máxima)	m	kg/m	3
Diâmetro exterior (máximo)	d _r	mm	22
<u>Desvio das varas^c</u>			
Nos cinco metros inferiores		%	0,1
Nos restantes		%	0,2
Energia específica por pancada	E _n	kJ/m ²	50

a: D_h – diâmetro do martelo. Em caso de ter forma irregular, assume-se que o diâmetro corresponde à menor dimensão

b: Comprimento máximo das hastes não deve ultrapassar os dois metros.

c: Desvio das hastes em relação à vertical

De acordo com a mesma norma, o ensaio deve ser efetuado com o dispositivo vertical, de maneira a que não haja deslocamentos superiores a 2% da inclinação durante o ensaio. Os penetrómetros podem ser de dois tipos, de ponteira cónica recuperável, ou perdida, conforme demonstrado na Figura 3.13.



Onde:

- 1 – Vara de extensão
- 2 – Orifício de injeção (opcional)
- 3 – Rosca de montagem
- 4 – Ponta cônica
- 5 – Ponteira

- 6 – Corpo da ponteira
- 7 – Ponto de montagem
- L – Comprimento do revestimento
- D – Diâmetro da base (ponteira)
- d_r – Diâmetro da vara

Figura 3.13 - Diferença no equipamento entre ponteira cônica recuperável, à esquerda, e ponteira cônica perdida, à direita (adaptado de EN ISO 22476-2:2005).

O penetrômetro deve ser cravado continuamente no terreno, a um ritmo entre 15 a 30 pancadas por minuto, devendo o número de pancadas ser registado a cada 10 cm de penetração (N_{10}). O critério de paragem deste ensaio ocorre quando o número de pancadas excede duas vezes o valor obtido anteriormente ou quando o valor máximo é excedido continuamente durante um metro. Os resultados do PDL são normalmente representados na relação de pancadas por 10 cm (N_{10}).

O cálculo da resistência de ponta, r_d , e da resistência dinâmica de ponta, q_d , pode ser realizado através da Equação 3.23 e da Equação 3.24, respetivamente, segundo a norma EN ISO 22476-2:2005.

$$r_d(\text{Pa}) = \frac{m \times g \times h}{A \times e} \quad (3.23)$$

$$q_d(\text{Pa}) = \left(\frac{m}{m + m'} \right) r_d \quad (3.24)$$

Onde:

m – Massa do martelo (kg)

g – Aceleração da gravidade (m/s^2)

h – Altura de queda do martelo

A – Área da base do cone (m^2)

m' – Massa total do conjunto varas, batente e vara guia (kg)

e – Penetração média em metros por pancada ($0,1/N_{10}$)

Segundo Veiga (2011), a resistência dinâmica de ponta, q_d , é normalmente utilizada como parâmetro de avaliação da qualidade de fundação de um maciço terroso. A sua utilização deve ser cuidadosa, apenas sendo utilizável em condições que se conheça previamente o tipo de materiais a serem penetrados. O aumento em profundidade do número de pancadas pode ser devido ao próprio solo, ao acréscimo de massa total em relação à energia do martelo, ao atrito e à energia que se dissipa pelas roscas entre as varas. A possibilidade de variação do ritmo de pancadas ou a existência de interrupções eventuais na realização do ensaio requerem especial atenção na análise dos resultados.

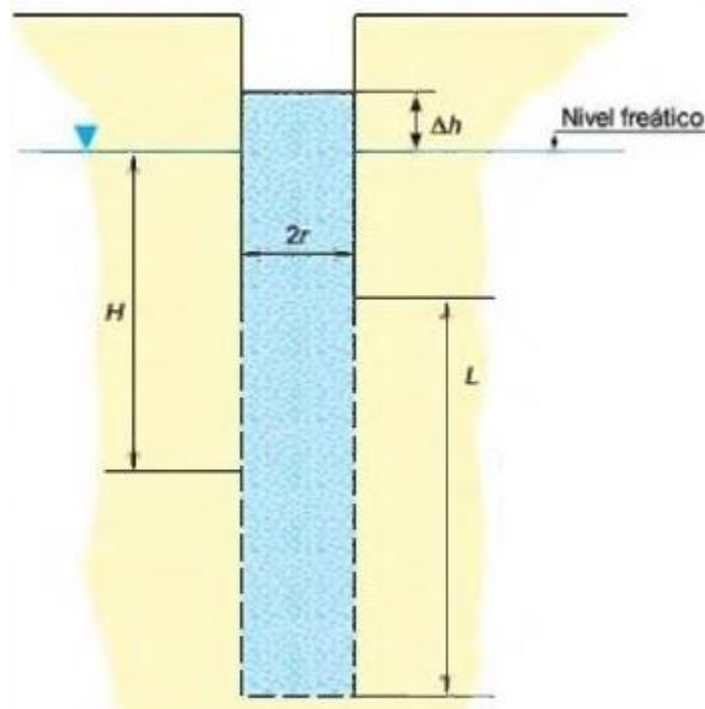
3.3.3. Ensaio de Permeabilidade Lefranc

O ensaio de permeabilidade Lefranc é utilizado em maciços terrosos, sendo realizado no interior de furos de sondagens durante a sua execução. O ensaio Lefranc pode ser executado a diversas profundidades, e utiliza-se para medir o coeficiente de permeabilidade em solos permeáveis ou semi-permeáveis (Coelho, 1996). A norma que padroniza este ensaio é a EN ISO 2282-2:2012 (2012).

Este tipo de ensaio, de custo e tempo de execução relativamente baixos, permite obter perfis de permeabilidade verticais, embora o coeficiente de permeabilidade encontrado se encontre afetado pela permeabilidade horizontal e vertical, dificultando a interpretação dos resultados. (Cacilhas, 2015).

Pode ser realizado com carga hidráulica constante, onde se introduz o caudal necessário de modo a verificar-se a estabilização do nível de água no furo, ou com carga hidráulica variável, onde se introduz uma quantidade de água conhecida e se registam as variações do nível ao longo do tempo.

Segundo Vallejo *et al.* (2004), o procedimento do ensaio Lefranc consiste em encher de água o trecho da sondagem que se pretende estudar. O intervalo de profundidade a ser alvo do ensaio é compreendido entre o final do revestimento da sondagem e o fundo da mesma, medindo o caudal que é necessário para manter o nível constante, caso seja realizado em regime permanente, ou medir a velocidade de descida do nível de água, caso seja realizado em regime variável. A medição do caudal de admissão deve realizar-se a cada cinco minutos, mantendo o nível constante à boca da sondagem durante 45 minutos. Se a admissão for muito alta, deve medir-se a cada minuto durante os primeiros 20 minutos e depois a cada cinco minutos até perfazer 45 minutos. A interpretação dos resultados encontra-se esquematizada na Figura 3.14, onde é possível verificar os diferentes fatores a considerar para a obtenção do coeficiente de permeabilidade, k , e o coeficiente de forma, C .



Onde:

Δh (m) – Altura da água inicial acima do nível freático

L (m) – Comprimento do trecho ensaiado

r (m) – Raio da sondagem

H (m) – Distância do ponto médio do trecho ensaiado ao nível freático.

Figura 3.14 - Esquematização do ensaio de permeabilidade Lefranc (extraído de Vallejo *et al.*, 2004).

Após obter os valores descritos na Figura 3.14, é possível calcular o coeficiente de forma, C , através da Equação 3.25, e posteriormente o coeficiente de permeabilidade, k , através da Equação 3.26, onde se introduz o caudal utilizado durante o ensaio.

$$C = \frac{4\pi}{\frac{2}{L} \log \frac{L}{r} - \frac{1}{2H}} \quad (3.25)$$

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = C \times k \times \Delta h \quad (3.26)$$

Segundo Coelho (1996), o ensaio Lefranc permite determinar a permeabilidade local, que pode ser distinta da permeabilidade geral do maciço. Por isso, é necessário realizar vários ensaios no maciço a investigar de modo a obter valores representativos do coeficiente de permeabilidade referentes à permeabilidade real do maciço.

3.4. Ensaaios Laboratoriais

Os ensaios de laboratório são fundamentais para identificar e determinar propriedades físicas dos solos. Permitem obter parâmetros utilizados nos projetos de fundações, contribuindo para uma melhor caracterização geológico-geotécnica do modelo geológico local. Neste subcapítulo são abordados os ensaios denominados de identificação, granulometria e plasticidade, e duas classificações de solos, Classificação Unificada, (ASTM D 2478, 2000) e classificação para fins rodoviários, AASHTO (LNEC E240, 1970).

3.4.1. Granulometria

Com o objetivo de determinar as dimensões das partículas constituintes do solo, são realizados ensaios granulométricos. Para partículas superiores a 0,075 mm utiliza-se a via seca, onde as partículas passam por um conjunto de peneiros, e para partículas inferiores a 0,075 mm utiliza-se a via húmida, através da sedimentação. O ensaio encontra-se normalizado segundo as Especificações LNEC E 239 (LNEC E239, 1970) e LNEC E196 (LNEC E196, 1966).

A granulometria por via seca realiza-se através da passagem de uma amostra representativa de solo, previamente seca e desagregada, por um conjunto de peneiros. Cada peneiro tem uma malha com uma abertura de diferente dimensão, onde as partículas de dimensão superior à abertura da malha ficam retidas. Esta separação permite agrupar os diversos constituintes dos solos em classes granulométricas, de acordo com o Quadro 3.14.

Quadro 3.14 - Classificação granulométrica dos solos (LNEC E196, 1966).

Classe granulométrica	Subdivisão	Dimensão das partículas (mm)
Seixo	Grosseiro	20 – 60
	Médio	20 – 6
	Fino	6 – 2
Areia	Grosseira	2 – 0,6
	Média	0,6 – 0,2
	Fina	0,2 – 0,06
Silte	Grosseiro	0,06 – 0,02
	Médio	0,02 – 0,006
	Fino	0,006 – 0,002
Argila		< 0,002

O resultado da análise granulométrica é projetado como a percentagem que passa contra a dimensão das partículas, utilizando escala logarítmica. D_{10} é a dimensão das partículas que correspondem a 10% do que passa, ou seja, 10% das partículas é inferior a esta dimensão. D_{10} é o tamanho efetivo das partículas e D_{50} é a dimensão média das partículas. O coeficiente de uniformidade, C_u , relaciona estas duas dimensões de partículas através da Equação 3.27, e o coeficiente de curvatura, C_c , relaciona a dimensão entre D_{30} , D_{10} e D_{60} através da Equação 3.28.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3.27)$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (3.28)$$

Segundo Ameratunga *et al* (2016), as areias são consideradas bem graduadas quando $C_u > 6$ e $C_c = 1 - 3$, e os seixos bem graduados quando $C_u > 4$ e $C_c = 1 - 3$. Vallejo *et al.* (2004), indica que quanto mais uniforme for a granulometria de um solo, mais uniforme é o tamanho dos seus vazios, tendo o solo menos densidade. Tal relação resulta num solo mais facilmente erodível.

3.4.2. Plasticidade

A plasticidade é um termo exclusivamente associado a argilas, sendo os seixos, areias e siltes não plásticos. A mineralogia das partículas das argilas e as suas formas tornam-nas coesivas e plásticas. Os ensaios de determinação dos limites de consistência dos solos encontram-se normalizados na norma portuguesa NP143 (LNEC NP 143,1969).

Segundo Vallejo *et al.*, (2004), Atterberg definiu três limites de consistência: limite de retração (pouco utilizado), limite de plasticidade e limite de liquidez, obtidos ensaiando o solo que passa no peneiro nº40 da série ASTM (0,425 mm). A Figura 3.15 mostra as fronteiras entre os vários limites estabelecidos por Atterberg.

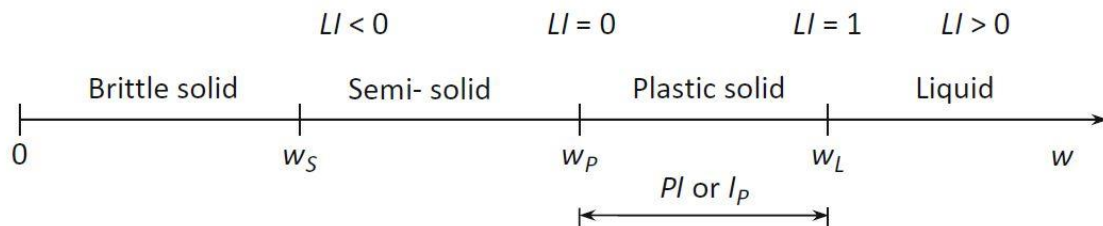


Figura 3.15 - Limites de Atterberg (extraído de Ameratunga *et al*, 2016).

O limite de plasticidade, W_p , separa o estado semissólido do plástico, sendo determinado através de uma mistura de solo e água, que é rolada com a palma da mão sobre uma superfície lisa até formar um cilindro com diâmetro próximo de três milímetros e comprimento entre 25 e 30 mm. Ao atingir estas dimensões, se o cilindro se partir em frações de aproximadamente seis milímetros, então o teor de água presente na amostra corresponde ao W_p .

O limite de liquidez, W_L , separa o estado plástico do semilíquido, sendo determinado através de uma mistura de solo seco com bastante água, colocando posteriormente a mistura num molde denominado concha de Casagrande, onde se abre um sulco com aproximadamente dois milímetros de abertura no contacto inferior entre o molde e a mistura de solo com água. O W_L é o teor de água presente na amostra quando ao produzir 25 golpes por queda ritmada da concha, a abertura do sulco fecha em cerca de 12 mm. Esta condição é difícil de atingir, logo o teor de água é estimado recorrendo a quatro amostras, duas com menos de 25 golpes e duas com mais golpes.

Burmister (1949) estabeleceu a classificação de solos coesivos tendo como base a plasticidade, presente no Quadro 3.15.

Quadro 3.15 - Classificação das argilas com base no índice de plasticidade (adaptado de Burmister, 1949).

Índice de plasticidade, I_p	Classificação
0	Não plástica
1 – 5	Ligeiramente plástica
5 – 10	Plasticidade baixa
10 – 20	Medianamente plástica
20 – 40	Plasticidade alta
> 40	Plasticidade muito alta

O índice de plasticidade, I_p , é calculado através da diferença entre o W_L e o W_p . Representa o intervalo de teores de água correspondente à passagem do estado semissólido ao semilíquido. Uma vez conhecidos os diferentes limites, é possível obter um ponto representativo de cada amostra de solo na carta de plasticidade de Casagrande, apresentada na Figura 3.16, que estabelece a relação entre o limite de liquidez e o índice de plasticidade.

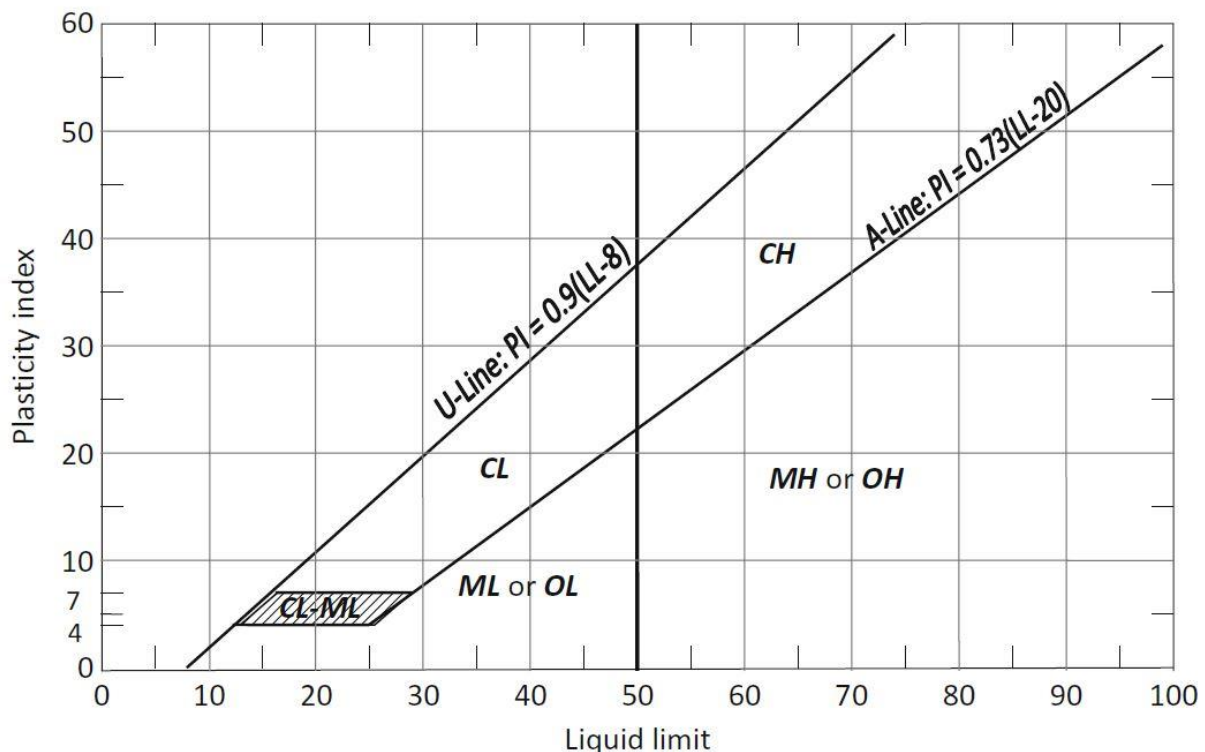


Figura 3.16 - Carta de plasticidade de Casagrande (extraído de Ameratunga *et al.*, 2016).

3.4.3. Classificações de Solos

De modo a classificar o solo segundo as suas propriedades, são utilizadas duas classificações de relevância, as mais utilizadas: Classificação Unificada de Solos, presente no Quadro 3.16, e a Classificação para Fins Rodoviários AASHTO, presente no Quadro 3.17.

A Classificação Unificada de Solos baseia-se nos resultados obtidos nos ensaios granulométricos, nomeadamente na percentagem de seixo, areia e finos que passam no peneiro #200 da série ASTM, e os limites de consistência do solo. Possui três grandes divisões: solo grosseiro, fino e orgânico, que se

dividem em 15 grupos, designados por duas letras e um nome. É aplicada especialmente na caracterização de materiais a ser utilizados em aterros.

Quadro 3.16 - Classificação Unificada de Solos (adaptado de ASTM D 2487-00, 2000).

GRANDES DIVISÕES			SÍMBOLO DE GRUPO	DESCRIÇÃO
Solo de grão grosseiro	Seixos	Seixos Limpos	GW	Seixo bem graduado e misturas seixo-areia, com poucos ou nenhuns finos.
	50% ou mais da fração grosseira retida no crivo de 4,75 mm (#4 ASTM)		GP	Seixo mal graduado e misturas seixo-areia, com poucos ou nenhuns finos
		Seixo com Finos	GM	Seixos siltosos, misturas seixo-areia-silte
			GC	Seixos argilosos, misturas seixo-areia-silte
Mais de 50% de retido no crivo de 0,075 mm (#200 ASTM)	Areia	Areias Limpas	SW	Areias e seixos arenosos bem graduados, com poucos ou nenhuns finos
	50% ou mais da fração grosseira passa no crivo de 4,75 mm (#4 ASTM)		SP	Areias e seixos arenosos mal graduados, com poucos ou nenhuns finos
		Areias com Finos	SM	Areias siltosas, misturas areia-silte
			SC	Areias argilosas, misturas areia-argila
Solo de grão fino	Siltes e Argilas		ML	Siltes inorgânicos, areias muito finas, areias finas siltosas ou argilosas
	Limite de Liquidez 50% ou inferior		CL	Argilas inorgânicas de baixa a média plasticidade, argilas com seixo, arenosas e siltosas
			OL	Siltes orgânicos e argilas siltosas orgânicas de baixa plasticidade
Mais de 50% passa no crivo de 0,075 mm (#200 ASTM)	Siltes e Argilas		MH	Siltes inorgânicos, micáceos ou diatomáceos e areias finas ou siltes micáceos/diatomáceos
	Limite de Liquidez 50% ou inferior		CH	Argila inorgânica ou de alta plasticidade, argilas gordas
			OH	Argilas orgânicas de média a alta plasticidade
Solos altamente orgânicos			PT	Turfa e outros solos altamente orgânicos

Prefixos: G – Seixo, S – Areia, M – Silte, C – Argila, O – Orgânico

Sufixos: W – Bem graduada, P – Mal graduada, M – Silte, L – Argila $W_L < 50\%$, H – Argila $W_L > 50\%$

A Classificação para Fins Rodoviários, AASHTO, baseia-se também na distribuição granulométrica e nos limites de consistência do solo. Permite classificar os solos para fins de terraplenagem e fundação de pavimentos, agrupando-os em sete grupos principais, de A-1 a A-7, existindo um oitavo grupo que se refere a solos orgânicos. Esta classificação permite atribuir um índice de grupo ao solo, calculado através do W_L e I_p .

Quadro 3.17 - Classificação Rodoviária de Solos (adaptado de LNEC E240, 1970).

TIPOS DE SOLO	MATERIAIS GRANULARES							MATERIAIS SILTO-ARGILOSOS			
	[35% ou menos passando no crivo de 0,074 mm (#200 ASTM)]							[mais de 35% passando no crivo de 0,074 mm (#200 ASTM)]			
GRUPOS E SUBGRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
GRANULOMETRIA - % passando nos crivos ASTM:											
2,00 mm (#10)	50 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,420 mm (#40)	30 máx	50 máx	51 máx	-	-	-	-	-	-	-	-
0,074 mm (#200)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características da fração passando no crivo de 0,420 mm (#40) ASTM:											
Limite de Liquidez	-		-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de Plasticidade	6 máx		Não plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín (1)
Índice de Grupo (2)	0		0	0		4 máx		8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipos usuais dos constituintes significativos dos materiais	Calhau, seixo e areia		Areia fina	Seixo e areia siltosos ou argilosos				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento na camada sob pavimento	Excelente a bom					Regular a muito mau					

(1) O índice de plasticidade do subgrupo A-7-5 é igual ou menor que o limite de liquidez menos 30.

O índice de plasticidade do subgrupo A-7-6 é maior que o limite de liquidez menos 30.

(2) O índice de grupo indica-se entre parêntesis depois do símbolo do grupo ou subgrupo.

Exemplos: A-3(0), A-2-7(3), A-7-5(18).

De modo a obter o índice de grupo (I_G), pode aplicar-se a Equação 3.28 (Das, 2010).

$$I_G = (F_{200} - 35)[2,2 + 0,005(W_L - 40)] + 0,01(F_{200} - 15)(I_P - 10) \quad (3.28)$$

Onde:

F_{200} – percentagem que passa no peneiro n.º 200

W_L – Limite de liquidez

I_P – Índice de plasticidade

3.5. Sismicidade

De acordo com o Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, (RSAEEP) a ação de fenómenos sísmicos mais ou menos severos pode ser sistematizada em dois grandes tipos:

- Ação sísmica do tipo 2 correspondente a sismos distantes, de grande magnitude e com epicentro no mar – sismicidade interplacas Eurasiática e Africana - gerada na Zona de fratura Açores-Gibraltar; e,

- Ação sísmica do tipo 1 associada a sismos locais, de magnitude moderada e pequena distância focal – sismicidade intraplaca Eurasiática - resultante da acumulação de tensões e do desenvolvimento de deformações tectónicas atuais, no seu interior.

Este documento regulamentar considera o território Continental português dividido em quatro zonas (Figura 3.17): A, B, C e D, segundo ordem decrescente de sismicidade. O coeficiente de sismicidade α assume os valores 1,0, 0,7, 0,5 e 0,3, respetivamente para as zonas sísmicas A, B, C e D.

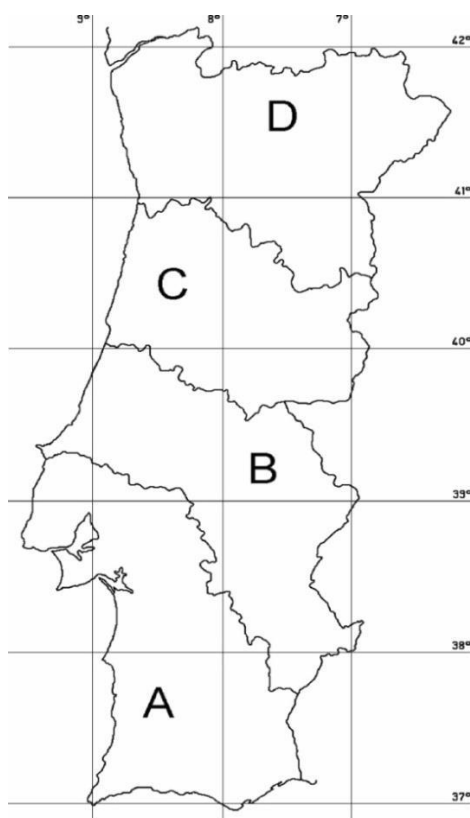


Figura 3.17 - Mapa de zonamento sísmico de Portugal Continental.

O Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1:2010, elaborado no âmbito da atividade da Comissão Técnica Portuguesa de Normalização CT 115 – Eurocódigos Estruturais, estabelece as condições para implementação da NP EN 1998-1:2010 – “Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios”.

Com base naquele documento, a possibilidade de haver em Portugal dois cenários para a geração de sismos, impõe a necessidade de serem considerados dois tipos de ação sísmica no território Continental (Figura 3.18):

- Ação sísmica tipo 1, para o cenário de sismo “afastado” (sismo interplaca), referente aos sismos com epicentro na região Atlântica, e que pretende representar a ação sísmica de elevada magnitude e grande distância focal; e,

- Ação sísmica do tipo 2, para um cenário de sismo “próximo” (sismo intraplaca), abrangendo, em geral, os sismos com epicentro no território Continental ou no Arquipélago dos Açores, e que pretende representar a ação de um sismo de magnitude moderada e pequena distância focal.

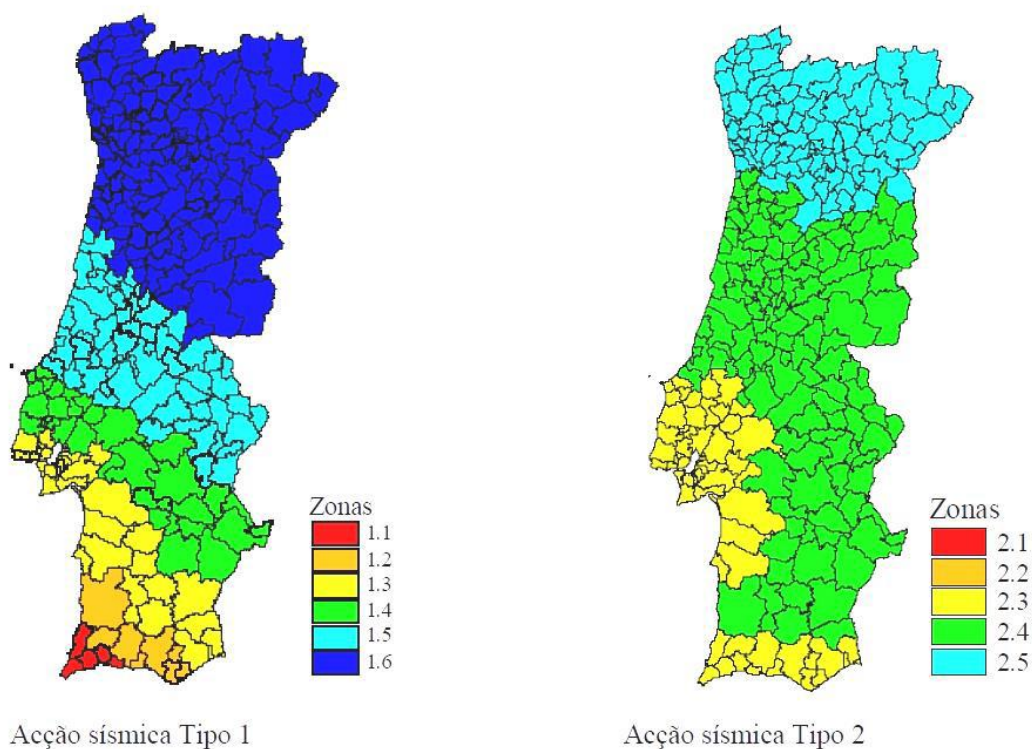


Figura 3.18 – Zonamento sísmico em Portugal Continental, para os cenários de sismo afastado (à esquerda) e sismo próximo (à direita). (Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1, 2010).

Os valores da aceleração máxima de referência de projeto, para cada uma das zonas sísmicas em função dos dois tipos de atividade sísmica a considerar, são indicados no Quadro 3.18.

Quadro 3.18 - Aceleração máxima de referência de projeto a_{gR} (m/s^2) nas várias zonas sísmicas (NP EN 1998-1, 2010).

Ação sísmica tipo 1		Ação sísmica tipo 2	
Zona sísmica	a_{gR} (m/s^2)	Zona sísmica	a_{gR} (m/s^2)
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
1.3	1,5	2.3	1,7
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	-	-

Relativamente aos efeitos geológicos locais o EC8 considera os tipos de terrenos indicados no Quadro 3.19 para definição dos espectros de resposta elásticos a utilizar em cada zona sísmica.

Quadro 3.19 - Tipos de terreno litoestratigráfico (NP EN 1998-1, 2010).

Tipo de terreno	Descrição do perfil litoestratigráfico	$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT}	C_u (kPa)
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua no máximo cinco metros de material mais fraco à superfície.	> 800	-	-
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixo ou argila muito rija, com uma espessura de pelo menos várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade.	360 – 800	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros.	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média, ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura.	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de v_s do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de cinco metros e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com $v_s > 800$ m/s.	-	-	-
S1	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos dez metros de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade (> 40) e um elevado teor em água	< 100 (indicativo)	-	10 – 20
S2	Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou S1			

4. Estudo de Casos

4.1. Introdução

As campanhas de prospeção geológico-geotécnicas e os consequentes estudos geológico-geotécnicos são essenciais para os projetos de execução de fundações, visto que o seu dimensionamento é diretamente influenciado pelas características dos terrenos. As fundações ao serem carregadas solicitarão o substrato geológico de acordo com os parâmetros geotécnicos, que determinam o comportamento do maciço geológico. São imprescindíveis de forma a garantir um correto dimensionamento da solução de fundações a adotar.

Durante o estágio, foram realizadas cinco campanhas de prospeção geológico-geotécnica, quatro no distrito de Lisboa e uma no distrito do Porto, onde a localização aproximada dos locais investigados é visível na Figura 4.1 e Figura 4.2, respetivamente.



Figura 4.1 - Localização geográfica dos estudos geológico-geotécnicos efetuados no distrito de Lisboa. Imagem obtida através de Google Earth.

As investigações decorrentes das campanhas de prospeção intersetaram quatro formações geológicas distintas. Em Lisboa foram abordadas formações geológicas de génese sedimentar, nomeadamente as formações de “Argilas de Prazeres” e “Complexo de Benfica”, e de génese vulcânica, o “Complexo Vulcânico de Lisboa”. No Porto, a formação estudada foi o “Granito do Porto”, de génese plutónica.

No total das investigações *in situ* contabilizam-se 25 sondagens, que resultam em mais de 280 metros de furação, assim como 210 ensaios SPT. Foram também realizados dois poços de reconhecimento, dois ensaios PDL e dois ensaios de permeabilidade Lefranc. Em termos de ensaios laboratoriais, procedeu-se a nove ensaios de identificação de solos, dois de determinação da densidade aparente, três ensaios de corte direto, um ensaio triaxial e quatro de determinação da densidade das partículas sólidas.

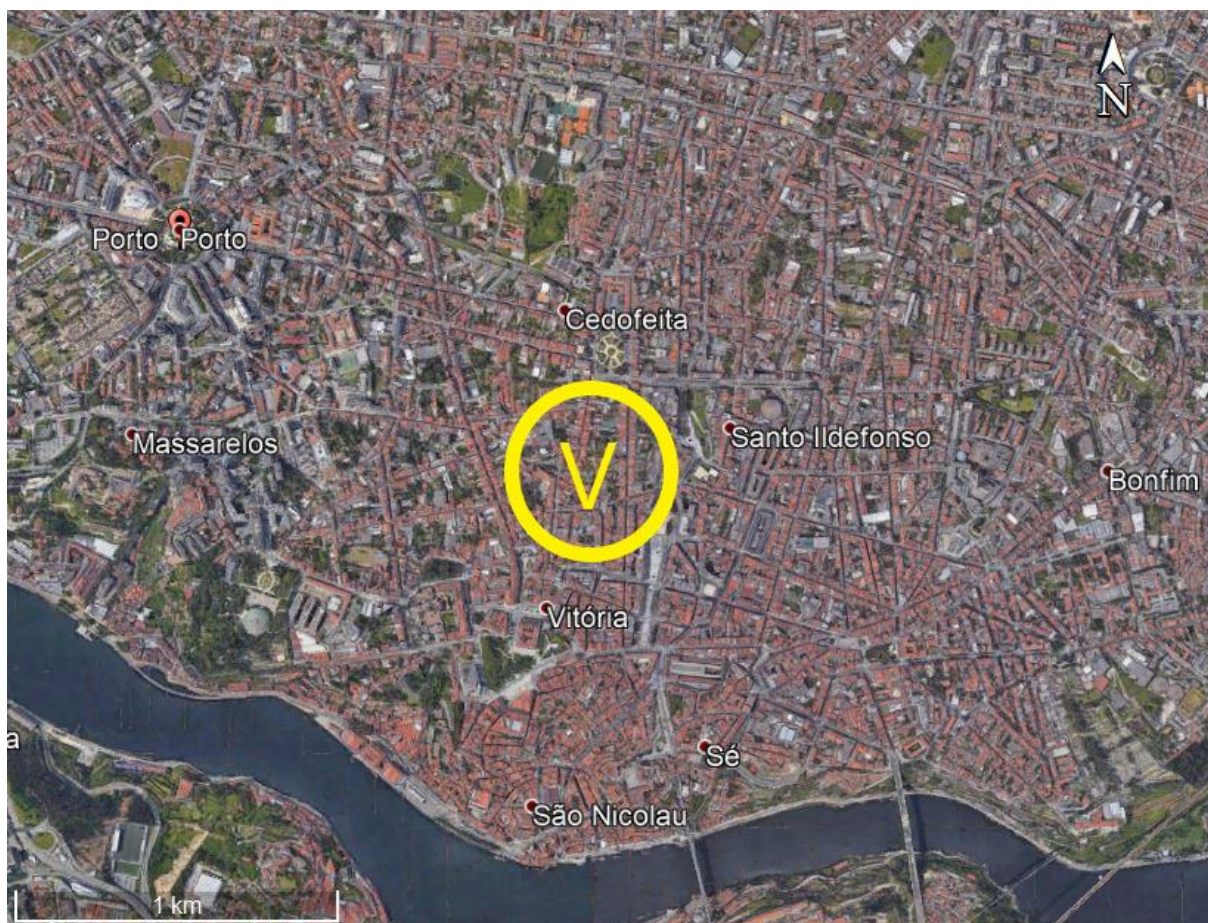


Figura 4.2 - Localização geográfica do estudo geológico-geotécnico efetuado no distrito do Porto. Imagem obtida através de Google Earth.

O Quadro 4.1 apresenta as quantidades de trabalhos efetuados no decurso dos cinco estudos geológico-geotécnicos.

Quadro 4.1 - Síntese dos trabalhos efetuados ao longo dos cinco casos de estudo.

ESTUDO	OBJETIVO	TRABALHOS REALIZADOS													
		SONDAGENS GEOTÉCNICAS				SPT	ENSAIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	PIEZÓMETROS		POÇOS DE INSPEÇÃO	ENSAIOS DE LABORATORIO				
							Lefranc				Ensaio de Identificação (teor em água, granulometria,	Massa volúmica (densidade aparente)	Densidade das partículas sólidas	Corte direto CU	Triaxial CU
		Quantidade	Comprimento (m)	Quantidade	Comprimento (m)	Quantidade	Quantidade	Quantidade	Comprimento (m)	Quantidade	Quantidade	Quantidade	Quantidade	Quantidade	Quantidade
CASO I	EGG para apoio ao estudo das soluções de reabilitação do edifício	5	50,05	-	-	33	-	3	27,55	2	2	-	-	-	-
CASO II	EGG de apoio ao projeto de reabilitação do edifício	2	21,13	-	-	14	-	-	-	-	3	2	-	1	1
CASO III	EGG de apoio ao projeto do edifício previsto	4	65,5	-	-	43	2	2	31,5	-	4	-	4	2	-
CASO IV	EGG de apoio ao projeto do edifício previsto	2	7	2	10,6	4	-	1	9,6	-	-	-	-	-	-
CASO V	EGG para apoio projeto de urbanização	-	-	12	129,03	58	-	5	57	-	-	-	-	-	-
TOTAL	Não Aplicável	13	143,68	2	10,6	210	2	11	68,65	2	9	2	4	3	1

4.2. Análise Bibliográfica das Formações Abordadas

4.2.1. Argilas de Prazeres (M_{Pr})

A formação das Argilas de Prazeres (M_{Pr}) está datada do Aquitaniano até ao Burdigaliano inferior, e segundo Zbyszewski (1947) consideram-se 5 horizontes, do topo para a base:

E – Argilitos esverdeados com fragmentos de vertebrados, polípeiros e ostras (*Ostrea aginensis*).

D – Calcários margosos (2º nível de *Venus ribeiroi*).

C – Argilitos e margas verdes a negras com *Ostrea granensis*, turrítelas e vegetais incarbonizados.

B – Calcários margosos (1º nível com *Venus ribeiroi*).

A – Argilitos com vegetais, conglomerados, arenitos de grão grosseiro e arenitos glauconíticos com tartarugas, peixes e crustáceos (*Achelous delgadoi*).

Segundo Pais *et al.*, (2006), esta formação aflora apenas na área de Lisboa, onde predominam argilas e margas de lagunas litorais. Almeida (1991) refere que a sua espessura se encontra na ordem dos 30 a 35 metros, e que nos níveis mais argilosos, existem frequentemente vegetais incarbonizados, cristais de marcassite e gesso, sendo que os conglomerados da base se distinguem do “Complexo de Benfica” pela diferença de cor na matriz argilosa.

Do ponto geotécnico, Almeida (1991) sintetizou dados de vários estudos, onde concluiu que esta formação apresenta granulometrias muito extensas, evidenciando a variabilidade de composição e o predomínio dos solos siltosos, apesar de não existirem siltes puros. As areias normalmente têm matriz silto-argilosa, os siltes são argilosos e arenosos, e as argilas são siltosas. Em relação às características geotécnicas, os valores obtidos para os limites de consistência encontram-se descritos no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Limites de consistência de Argilas de Prazeres (adaptado de Almeida, 1991).

	Mínimo (%)	Máximo (%)	Média (%)
W _L	18	71,5	40,7
W _P	13	46	21,4
I _P	1	46,3	19,3

Vasconcelos (2011), compilou novos estudos e refere que os parâmetros de resistência, coesão e ângulo de atrito interno, apresentam valores de 14kPa e 25°, respetivamente.

Almeida (1991) refere que segundo a Classificação Unificada dos Solos estes podem ser divididos em dois tipos, nos quais ocorrem:

Solos grosseiros:

SM = Areias siltosas

SM-SC = Areias silto-argilosas

SC = Areias argilosas

Solos finos:

CL = Argilas magras com areia e argilas magras arenosas

CL-ML = Argilas siltosas e argilas siltosas com areia

CH = Argilas gordas e argilas gordas com areia
ML = Siltes com areia e siltes arenosos
OH = Siltes e argilas orgânicos

Em relação às características de resistência, Almeida (1991) compilou resultados relativos a ensaios de corte direto, nos quais obteve valores de coesão que variam entre 10 e 64 kPa, sendo a média 41,6 kPa e ângulo de atrito interno a variar entre 24 e 46°, sendo a média de 32,4°.

4.2.2. Formação de Benfica (ΦB_f)

A Formação de Benfica (ΦB_f), que data do Eocénico ao Oligocénico, foi abordado pela primeira vez por Choffat (1950), que o dividiu em 15 níveis separados por seis unidades. Antunes (1979) simplificou a descrição deste complexo, dividindo-o em três unidades que representam três ciclos de sedimentação diferentes.

Almeida (1991), sintetizou este último trabalho em:

A. Unidade Inferior (Eocénico)

1º Ciclo sedimentar - "Calcários de Alfofnelos". Arcoses. Conglomerados com clastos do Maciço Hespérico. Tem uma espessura de 106 metros.

B. Unidade Intermédia (Oligocénico)

2º Ciclo sedimentar - Margas e calcários. Argilas vermelho-tijolo. Espessos conglomerados com predomínio de clastos calcários mesozóicos. Tem uma espessura de 206 metros.

C. Unidade Superior (Oligocénico)

3º Ciclo sedimentar - Argilas compactas vermelhas a alaranjadas. Arenitos violáceos, calcários e crosta ferruginosa. Areias e pelitos vermelho-tijolo. Conglomerado espesso com grandes blocos. Tem 120 metros de espessura total.

São reconhecidas quatro associações diferentes, em que a primeira associação corresponde à Unidade A de Antunes (1979), a terceira associação à unidade B e a quarta associação à unidade C. Deste modo apenas a segunda associação não foi mencionada atrás.

Segundo Pais et al. (2006) “A associação 2 é constituída por conglomerados e arenitos siliciclásticos, com cimento carbonatado, cor vermelho-tijolo, rosada e esverdeada clara, associados, local e lateralmente, a horizontes de calcários micríticos brancos, nodulosos e às vezes pulverulentos, conhecidos como "Calcários de Alfofnelos". Têm fácies lacustres e palustres e foram alvo de acções pedogenéticas e diagenéticas importantes; em parte, correspondem a calcretos.”

A Formação de Benfica apresenta maior desenvolvimento entre Benfica, Carnide e Odivelas e mostra uma espessura total de cerca de 425 metros. É possível reconhecer a seguinte sucessão de baixo para cima, segundo Zbyszewski (1963):

- 1 - Arenitos e margas avermelhadas siliciclásticas (90 m);
- 2 - Calcários de Alfofnelos, cobertos com um banco de conglomerados (15 m);
- 3 - Margas avermelhadas (200 m);
- 4 - Conglomerados com clastos calcários (60 m);
- 5 - Margas e argilas avermelhadas ou alaranjadas (60 m).

Do ponto geotécnico, Almeida (1991) sintetizou dados de vários estudos, de onde concluiu que esta formação apresenta granulometrias muito extensas, com a fração grosseira (no mínimo 14%) sempre presente, atingindo por vezes percentagens muito elevadas. Em relação aos limites de consistência, os valores obtidos encontram-se descritos no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Limites de consistência da Formação de Benfica (adaptado de Almeida, 1991).

	Mínimo (%)	Máximo (%)	Média (%)
W _L	32	137,5	56,5
W _P	14	70,1	29,1
I _P	9	77,5	27,4

Vasconcelos (2011), compilou novos estudos e refere que os parâmetros de resistência, coesão e ângulo de atrito interno, apresentam valores de 6kPa e 22°, respetivamente.

Coelho (1996), obteve valores de 60 kPa e 25° em amostras de argila dos terrenos oligocénicos para a coesão e ângulo de atrito interno, respetivamente.

Almeida (1991), refere que segundo a Classificação Unificada dos Solos estes podem ser divididos em dois tipos, nos quais ocorrem:

Solos grosseiros:

GM – Cascalho siltoso com areia

GC – Cascalho argiloso com areia

SM – Areia siltosa e areia siltosa com cascalho

SC – Areia argilosa e areia argilosa com cascalho

Solos finos:

ML – Silte arenoso e silte arenoso com cascalho

MH – Silte elástico arenoso e silte elástico arenoso com cascalho

CL – Argila magra arenosa e argila magra arenosa com cascalho

CH – Argila gorda arenosa e argila gorda arenosa com cascalho

4.2.3. Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1)

O Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1) está datado do Cretácico Superior (Neocretácico). Segundo Pais *et al.* (2006), o complexo é constituído por escoadas lávicas alternando com níveis de piroclastos, aparelhos vulcânicos e filões, assentando em discordância nos calcários Cenomanianos. Sobre ele depositaram-se quer o "Complexo de Benfica" quer as "Argilas e Calcários dos Prazeres", que formam a base do Miocénico. Os modelos vulcanológicos conhecidos sugerem a existência de um único edifício vulcânico principal como responsável pela emissão dos materiais ígneos do CVL, localizado na região de Mafra.

O Complexo Vulcânico desenvolveu-se em diversas fases, como é visível pela intercalação de unidades sedimentares nos intervalos das unidades vulcânicas, o que sugere diferentes episódios de atividade

extrusiva, separados por intervalos de repouso, onde a sedimentação retomou o seu processo normal. Os materiais sedimentares intercalados entre os diferentes episódios vulcânicos e os respetivos conteúdos fossilíferos indicam que a sedimentação se processou em meio lacustre e fluvial.

A sequência típica do "Complexo Vulcânico" na área do Concelho de Lisboa, segundo Zbyszewski (1963), inclui sete episódios piroclásticos intercalados com seis derrames lávicos. Deste modo, a espessura total dos basaltos é condicionada pela localização geográfica, pela morfologia pré-existente e possivelmente pela tectónica activa aquando da instalação do Complexo Vulcânico que teria dado origem a depressões, em graben, onde se depositaram maiores espessuras de basaltos. As diversas fases de erosão e a acção da tectónica posterior contribuíram para a distribuição espacial actual, muito irregular (Almeida, 1991).

A formação tem geralmente espessuras inferiores a 100 metros o que contrasta com as regiões circundantes em que as espessuras atingidas são consideravelmente maiores, no concelho de Lisboa.

Do ponto geotécnico, Almeida (1991) sintetizou dados de vários estudos, de onde concluiu que esta formação apresenta solos grosseiros com matriz predominantemente siltosa e solos finos quase sempre siltosos, sendo que geralmente apresentam cerca de 59% de siltes e 30% de argilas. Em relação aos limites de consistência, os valores obtidos encontram-se descritos no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Limites de consistência dos solos associados ao Complexo Vulcânico de Lisboa (adaptado de Almeida, 1991).

	Mínimo (%)	Máximo (%)	Média (%)
W _L	34,7	77	52,9
W _P	20	49	34,2
I _P	10	40	18,7

Em relação às características de resistência, Almeida (1991) compilou ensaios relativos a ensaios de corte direto, nos quais obteve valores de coesão que variam entre 59 e 88 kPa e ângulo de atrito interno a variar entre 11 e 17°.

Vasconcelos (2011), compilou novos estudos e refere que os parâmetros de resistência, coesão e ângulo de atrito interno, apresentam valores de 5 a 8kPa e 20°, respetivamente.

Coelho (1996) obteve valores de 50 kPa e 10° em amostras de argila dos terrenos basálticos para a coesão e ângulo de atrito interno, respetivamente.

Almeida (1991), refere que segundo a Classificação Unificada dos Solos estes podem ser divididos em dois tipos, nos quais ocorrem:

Solos grosseiros:

SM – Areias siltosas

Solos finos:

ML – Silte arenosos e siltes com areia

MH – Siltes elásticos arenosos e siltes elásticos com areia

CL – Argilas magras e argilas magras arenosas ou com areia

4.2.4. “Granitos do Porto” (γ_m)

Os “Granitos do Porto” (γ_m) formam o substrato de quase toda a zona do Porto, estando datado na Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:50 000 Folha 09-C Porto (Costa e Teixeira, 1957) com idade hercínica. Fonseca (1988) compilou algumas informações sobre este tipo de granitos, onde refere os complexos de alteração, de espessura variável que pode atingir dezenas de metros, não dispondo de uma direção definida de intensidade de meteorização, diferindo assim de um perfil de alteração típico. Este tipo de meteorização diferencial e pedogénese origina rochas graníticas total ou parcialmente cobertas por solos provenientes da sua própria alteração. Apresenta uma tonalidade branco-amarelada, desintegrando-se em blocos rochosos que reduzem progressivamente o seu tamanho até eventualmente se transformar num solo arenoso, que sob certas condições de lixiviação pode atingir granulometrias mais finas, gradualmente transformando-se em siltoso ou argiloso, ocorrendo passagens de caulinite.

Do ponto geotécnico, Viana da Fonseca (1988) realizou alguns ensaios sob amostras de solos de alteração desta formação e concluiu que apresenta uma granulometria muito extensa, com presença de materiais de todos os tipos de dimensões. Em relação aos limites de consistência, obteve os valores de 47% para W_L , 34% para W_P e um I_P de 13, com solos pertencentes às classes SM – Areia siltosa, segundo a Classificação Unificada dos Solos e ao grupo A-4 (0) – Solo siltoso não plástico, segundo a Classificação para fins Rodoviários.

Viana da Fonseca (1996) obteve um conjunto de valores que revelam um material homogéneo entre as classes SM– Areia siltosa e SM-SC – Areia siltosa com argila, segundo a Classificação Unificada dos Solos, e obteve W_L entre 27 e 41 % e I_P entre 2 e 17.

4.3. Estudo Geológico-Geotécnico I

O referido estudo tem em vista a definição dos condicionalismos de natureza geotécnica para a construção de um edifício, com um piso enterrado, preservando as paredes periféricas do edifício atualmente existente no local.

O plano de trabalhos incluiu a realização de cinco sondagens mecânicas, S1 a S5, projetadas na Figura 4.3, com recurso a equipamento de perfuração Oxidrill OG300 montado em veículo de rastros, tendo o avanço sido conseguido através de metodologia de trado oco, com 150 mm de diâmetro externo. Foram realizados ensaios de caracterização *in situ*, SPT, no domínio terroso e rochoso brando, assim como a instalação de três piezómetros, Pz1 a Pz3, e dois poços de inspeção de fundações, PF1 e PF2. No interior de cada poço foi realizado ensaio PDL.

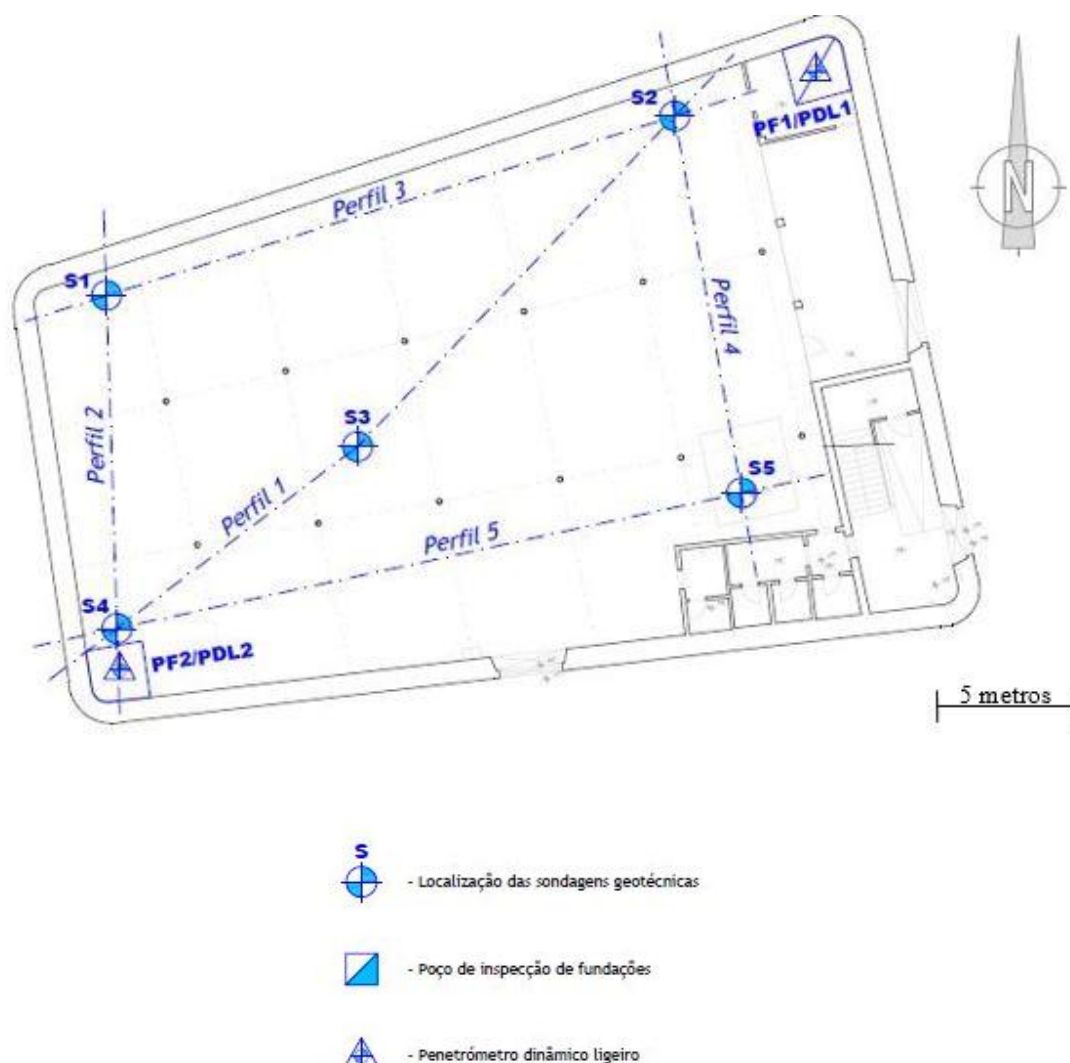


Figura 4.3 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.

Foram também planeados ensaios laboratoriais de identificação: teor em água (NP 84); análise granulométrica (LNEC E239); determinação dos limites de consistência de Atterberg (W_L e W_P) (NP 143).

4.3.1. Prospeção Geológico-Geotécnica

O dispositivo geológico estabelecido na área em estudo, enquadrado na área representada pela Figura 4.4, assinala a ocorrência de um substrato de fácies vulcânica, atribuído à unidade designada por Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1) na Carta Geológica de Portugal, Folha 34D (Pais *et al.*, 2006). Recobrando a unidade vulcânica observam-se aterros e/ou aluviões (a) de idade Recente, constituídos essencialmente por areias de praia e areias lodosas.

Os perfis geotécnicos interpretativos (ver ANEXO A-I) esboçam graficamente o desenvolvimento espacial previsível da litoestratigrafia investigadas.

Os respectivos diagramas das sondagens e outros trabalhos realizados encontram-se no ANEXO A-II e o Quadro-Resumo dos ensaios laboratoriais no ANEXO A-III.

No Quadro 4.5 encontram-se descritas as diferentes unidades litoestratigráficas ocorrentes no perímetro em estudo.

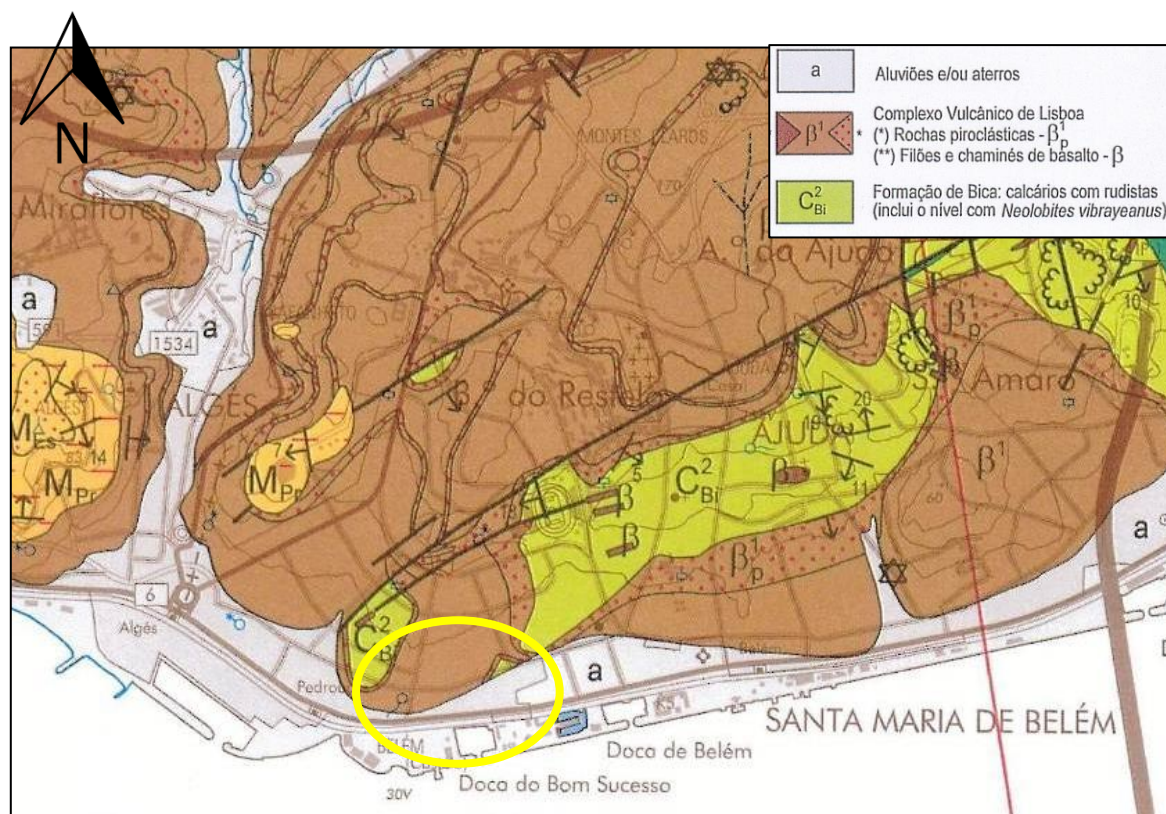


Figura 4.4 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 34D - Lisboa à escala 1:50 000 (Pais et al., 2006), escala indeterminada).

Quadro 4.5 - Coluna litoestratigráfica do local investigado.

Estratigrafia	Símbolo	Formação	Litologia
Recente	a	Aterros e aluviões	<ul style="list-style-type: none"> - Areias de praia: areias de granulometria variável, com seixo miúdo a médio e restos conquíferos dispersos; - Areias siltosas com seixo disperso; - Areias médias a finas levemente lodosas com restos conquíferos; - Areia grosseira com seixo e calhau abundante e restos conquíferos frequentes.
Neocretácico	β^1	Complexo Vulcânico de Lisboa	<ul style="list-style-type: none"> - Basaltos e brechas basálticas, muito alterados a decompostos e intensamente fraturados, por vezes decompostos, fragmentáveis e desagregáveis, deitando-se em areias siltosas com abundantes fragmentos rochosos. - Tufos vulcânicos finos, siltosos e silto-argilosos, rijos, com impregnações calcíticas.

Inferiormente ao pavimento interior (assente sobre nível de pedra calcária grosseira argamassada, com cerca de 0,20 m), estabelece-se uma sequência de areias de praia, areias siltosas e areias levemente lodosas, correspondentes a materiais aluvionares e/ou antrópicos (a), que em conjunto se desenvolvem até profundidades que variam entre 5,5 m e 7,5 m.

As areias de praia são constituídas por areias de grão médio a grosseiro desprovidas de coesão, com seixo miúdo silicioso e restos conquíferos dispersos, de tons amarelados, por vezes apresentando alguma componente siltosa em profundidade, desenvolvendo-se até cerca de 4,5 m de profundidade. O processamento laboratorial das amostras de areias de praia colhidas nas sondagens S1 e S3, permitiu identificar areias médias e médias a grosseiras, da classe (SP) da classificação unificada e do grupo A-3(0) da Classificação Rodoviária AASHTO, com percentagem em peso passado no peneiro #200 ASTM (<0,074 mm) de 2%, sendo não plásticas (NP).

Na base deste nível ocorrem areias siltosas e/ou levemente lodosas, com seixo médio e restos conquíferos dispersos, de tonalidades amareladas escuras a cinzento escuras. Na sondagem S5 é assinalado um nível de areia grosseira com seixo e calhau abundante (nível cascalhento), associando restos conquíferos frequentes.

O zonamento geotécnico vertical estabelecido *in situ* mediante a realização sistemática de ensaios SPT, permitiu definir areias de praia muito soltas e soltas até profundidades da ordem dos 3 m, caracterizadas por valores de $4 \leq N_{SPT} \leq 10$; e medianamente compactas inferiormente, onde se observaram valores mais frequentes de $12 \leq N_{SPT} \leq 20$.

Nos níveis aluvionares basais representados por areias levemente lodosas com seixo e restos conquíferos, obtiveram-se valores compreendidos entre $29 \leq N_{SPT} \leq 33$, característicos de solos medianamente compactos e compactos. Na sondagem S5, a areia grosseira com seixo e calhau presente na base da sequência apresenta um valor de N_{SPT} de 60 pancadas, que traduz apenas a influência da fração grosseira na penetração do amostrador.

O substrato eruptivo intersetado inferiormente às aluviões é atribuído ao Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1), localmente constituído por basaltos e brechas basálticas no topo, que sobrepõem níveis de tufos vulcânicos finos.

O basalto e as brechas vulcânicas apresentam estado de alteração evoluído, mas ocorrendo frequentemente muito alterados a decompostos (W_4 , W_{4-5}) e intensamente fraturados (F_5), fragmentáveis e desagregáveis por ação insistente e continuada da ferramenta de corte, resultando em materiais areno-siltosos e areno-argilosos com abundantes fragmentos rochosos de tonalidades cinzento acastanhadas e avermelhadas. Os valores exclusivos de $N_{SPT}=60$ devem ser entendidos como mero indicador de resistência da massa rochosa alterada, e, portanto, sem que a classificação de solos seja aplicável.

Inferiormente aos materiais basálticos e brechóides ocorrem tufos vulcânicos finos, siltosos e silto-argilosos, sedosos, de cor vermelha “borra-de-vinho”, com impregnações calcíticas esbranquiçadas. Possuem comportamento geotécnico rijo, muito resistente, traduzido por valores exclusivos de $N_{SPT} \geq 60$, na maioria das situações obtidos na 1ª fase do ensaio (nega).

Durante a realização dos trabalhos de furação (maio de 2019) foi detetada a presença de água no subsolo em todas as sondagens realizadas, ao que não será certamente estranho o enquadramento geomorfológico do local e a proximidade ao Tejo o que torna vulnerável à influência de maré.

No Quadro 4.6 são apresentadas as leituras da profundidade dos níveis de água nos piezómetros instalados nas sondagens S2, S3 e S4 durante a realização das sondagens.

Quadro 4.6 - Leituras dos piezómetros no decurso dos trabalhos de campo.

Leituras piezométricas		Profundidade do nível de água (m)		
Data	Hora	Pz2	Pz3	Pz4
30/04/2019	17h00	-	-	3,42
01/05/2019	8h00	-	-	3,44
	17h00	4,36	-	3,44
02/05/2019	8h00	3,31	-	3,40
	16h30	3,30	-	3,42
06/05/2019	8h45	3,27	-	3,35
	17h00	3,28	-	3,36
07/05/2019	9h00	3,27	-	3,34
	17h30	3,27	3,35	3,36
08/05/2019	8h40	3,28	3,28	3,34

4.3.2. Considerações Geológico-Geotécnicas

A realização das sondagens S1 a S5 permitiu definir as condições geotécnicas que ocorrem na área investigada, referenciando a presença de aterros e aluviões arenosos descomprimidos com espessuras de conjunto entre 5,5 e 7,5 m de profundidade, subjacentes aos terrenos do Complexo Vulcânico de Lisboa com comportamento resistente.

Equacionam-se as incidências geotécnicas resultantes do projeto de edifício onde se prevê a construção de um piso enterrado, que se admite vir a envolver profundidades de escavação em torno dos 3,5 m a 4 m a partir das cotas atuais do piso interior, e a preservação das atuais paredes periféricas.

A escavação para inserção do piso enterrado deverá permitir ultrapassar os níveis mais superficiais e descomprimidos das areias de praia caracterizadas por valores de $4 \leq N_{SPT} \leq 10$ e expor, na base da escavação, areias medianamente compactas onde se obtiveram valores de $12 \leq N_{SPT} \leq 20$ e $3,8 \leq q_{dméd} \leq 4,2$ MPa que sugerem a possibilidade de adoção de tensões de contacto muito moderadas.

O facto dos solos arenosos sem coesão, quando escavados, tenderem a registar um decréscimo de compacidade nas camadas superficiais, recomenda a melhoria e uniformização dos terrenos de assento das fundações, que poderá ter algum contributo na diminuição das deformações, sugerindo-se a compactação dos níveis expostos e o seu confinamento através da inclusão de uma camada superficial de agregado britado de granulometria extensa (*tout-venant*) com cerca de 0,30 m de espessura.

As escavações a desenvolver para a construção do piso enterrado confrontam com arruamentos contíguos e edificações próximas (além das próprias paredes periféricas), cuja estabilidade e operacionalidade terá de ser convenientemente acautelada pelo projeto de estabilidade, prevendo medidas construtivas que garantam adequadas condições de contenção provisória, e que ao mesmo tempo permitam superar o problema dos níveis freáticos elevados (vulneráveis à influência da maré).

Neste contexto, as condições hidrogeológicas assinaladas apontam para a necessidade de adoção de uma solução de contenção que garanta a estabilidade e simultaneamente assegure adequadas condições de estanqueidade da escavação.

O projeto não deverá descuidar a produtividade hidrogeológica permanente do ambiente local, procedendo à verificação da segurança em relação à rotura hidráulica do fundo da escavação em condições drenadas.

As implicações geotécnicas resultantes da presença de um nível de água elevado, levam a sugerir a hipótese de reequacionar as cotas de fundo da escavação ou da soleira do piso térreo.

As escavações previstas para inserção do piso enterrado irão interferir com aterros e areias de praia, sem coesão, com comportamento globalmente escavável com meios correntes de terraplenagem, do tipo máquina de lâmina.

4.3.3. Sismicidade

De acordo com o RSAEEP (Figura 3.17), o concelho de Lisboa insere-se na Zona A, a que corresponde um valor de $\alpha = 1,0$.

O Quadro 4.7 apresenta a tipologia dos terrenos geológicos investigados na área em estudo, de acordo com o mesmo regulamento.

Quadro 4.7 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.

Unidade Geológica	Tipo de terreno		
	I	II	III
	Rochas e solos coerentes rijos	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; Solos incoerentes compactos	Solos coerentes moles e muito moles; Solos incoerentes soltos
Aterros (At) e aluviões (a)	-	o	•
Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1)	•	o	-

• – mais provável o – menos provável

De acordo com a Figura 3.18, o Quadro 3.18 e o Quadro 3.19, o local investigado pela campanha de prospeção posiciona-se nas zonas sísmicas 1.3 e 2.3, respetivamente, para ações sísmicas do tipo 1 e tipo 2, definindo as sondagens um perfil estratigráfico de um terreno do tipo E da classificação do EC8.

4.4. Estudo Geológico-Geotécnico II

O referido estudo tem em vista a definição dos condicionalismos de natureza geotécnica para a reabilitação de um edifício com três pisos enterrados já existentes.

O plano de trabalhos envolveu a realização de duas sondagens mecânicas, S1 e S2, projetadas na Figura 4.5, com recurso a equipamento de perfuração Oxidril OG300 montado em veículo de rastros, tendo o avanço sido conseguido através de metodologia de trado oco, com 150 mm de diâmetro externo. Foram realizados ensaios de caracterização *in situ*, SPT, no domínio terroso e rochoso brando, assim como a colheita de três amostras indeformadas.

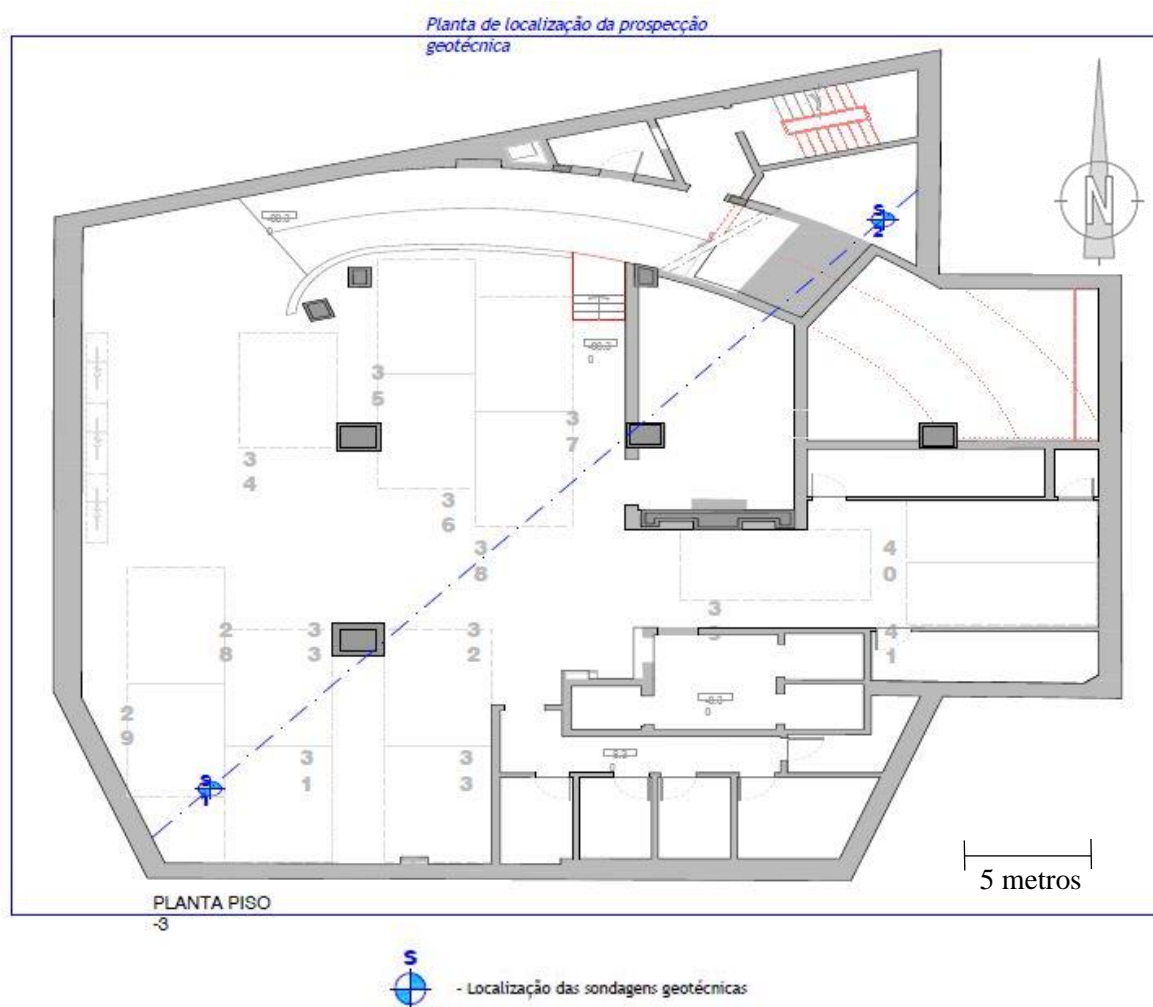


Figura 4.5 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.

Foram também planeados seis ensaios laboratoriais distintos: teor em água (NP 84); análise granulométrica (LNEC E239); determinação dos limites de consistência de Atterberg (W_L e W_P) (NP 143); determinação da massa volúmica (densidade aparente) (EN ISO 17892-2); ensaio de corte direto CU (BS 1377-7, 90); ensaio triaxial CU, com medição das pressões neutras (BS 1377-8, 90).

4.4.1. Prospeção Geológico-Geotécnico

O ambiente geológico prevalecente na zona em estudo, enquadrado na área representada pela Figura 4.6, assinala a ocorrência de substrato miocénico e oligocénico, referidos na Carta Geológica de Portugal, Folha 34D (Pais *et al.*, 2006), como Argilas de Prazeres (M_{Pr}) e Complexo de Benfica (Φ_{Bf}), respetivamente. Superiormente ocorrem aterros (At) contemporâneos da ocupação urbana do lote.

Os perfis geotécnicos interpretativos (ver ANEXO B-I) esboçam graficamente o desenvolvimento espacial previsível da litoestratigrafia investigadas.

Os respetivos diagramas das sondagens e outros trabalhos realizados encontram-se no ANEXO B-II e o Quadro-Resumo dos ensaios laboratoriais no ANEXO B-III.

No Quadro 4.8 encontram-se descritas as diferentes unidades litoestratigráficas ocorrentes no perímetro em estudo.

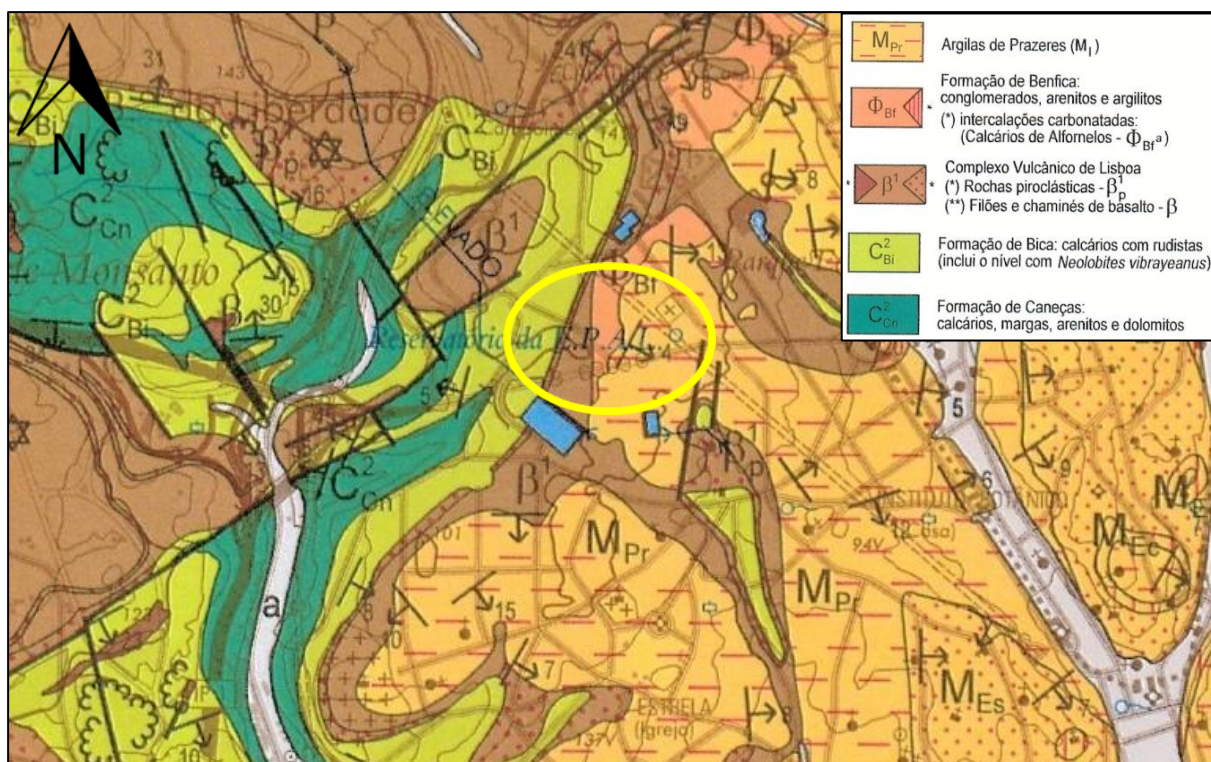


Figura 4.6 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 34D - Lisboa à escala 1:50 000 (Pais *et al.*, 2006), escala indeterminada).

Quadro 4.8 - Coluna litoestratigráfica do dispositivo geológico local investigado.

Estratigrafia	Símbolo	Formação	Litologia
Recente	At	Aterros	- Argilas silto-arenosas e areias silto-argilosas com fragmentos calcários dispersos.
Miocénico	M _{Pr}	Argilas de Prazeres	- Siltes e argilas finamente arenosos, margosos
Oligocénico	ΦB _f	Formação de Benfica	- Argila silto-arenosa, margosa; - Areias siltosas e argilas silto-arenosas com abundantes fragmentos de calcário compacto e calcário pulverulento.

Sob o pavimento/massame da cave -3 ocorrem Aterros (At) relacionados com a construção do edifício, constituídos por argilas silto-arenosas e areias silto-argilosas castanhas avermelhadas, com fragmentos calcários dispersos a abundantes, por vezes grosseiros, esbranquiçadas a acinzentadas, que se desenvolvem até profundidades que variam entre 0,9m e 1,2m medidas a partir da base da cave -3 do edifício.

O processamento laboratorial da amostra colhida na sondagem S2, na base do aterro, classificou seixo de calibre variável em matriz areno-silto-argilosa, da classe (GC)s da classificação unificada e do grupo A-2-7(1) da Classificação Rodoviária AASHTO, com percentagem em peso passado no peneiro #200 ASTM (<0,074 mm) de 25%, com limite de liquidez (W_L) e índice de plasticidade (I_p), de 44% e 21, respetivamente.

Sob os aterros estabelecem-se terrenos atribuídos ao miocénico representados pelas Argilas de Prazeres (M_{Pr}), interferidos apenas em S1, no lado nascente do edifício. Trata-se de uma sucessão de siltes e argilas com areia muito fina dispersa, de carácter margoso, com tonalidade castanha, que se desenvolvem sensivelmente até próximo dos 4,5 m de profundidade. Pertencem à classe (SC) da classificação unificada e do subgrupo A-7-6(5) da Classificação Rodoviária AASHTO, com percentagem em massa passada no peneiro #200 ASTM (<0,074 mm) de 41%, com limite de liquidez (W_L) e índice de plasticidade (I_p) de 23.

O zonamento geotécnico vertical estabelecido *in situ* mediante a realização de ensaios SPT, permitiu definir solos de consistência muito dura até aos 3 m de profundidade, caracterizados por valores N_{SPT} = 27; e rija inferiormente, até aos 4,5 m de profundidade, onde se obteve o valor de N_{SPT} = 51.

Os terrenos oligocénicos representados pela Formação de Benfica (ΦB_f), apresentam uma sequência do tipo detrítica continental, originada a partir de regimes de deposição muito energéticos e pouco seletivos, especialmente sobre a fácies mais arenosa (acarreios grosseiros), representada por areias siltosas com abundantes fragmentos de calcário compacto e calcário pulverulento, associando tonalidades de conjunto avermelhadas com laivos e passagens esbranquiçadas.

Intercalando o domínio detrítico grosseiro ocorrem horizontes de materiais mais finos: argilas silto-arenosas, embora com fração granular por vezes significativa, margosas, associando mais frequentemente tonalidades avermelhadas, com nódulos e laivos acinzentados e passagens esbranquiçadas. Correspondem a breves episódios de menor cinética, em regime lacustre, e que veem a ilustrar condições de drenagem deficiente.

Os ensaios de laboratório realizados sobre a amostra colhida na sondagem S2 permitiram identificar uma argila silto-arenosa da classe (CH) da classificação unificada e do grupo A-7-6(11) da Classificação Rodoviária AASHTO, com percentagem em massa passada no peneiro #200 ASTM ($<0,074$ mm) de 53%, com limite de liquidez (W_L) e índice plasticidade (I_P), de 53% e de 26, respetivamente.

O desempenho geotécnico dos terrenos oligocénicos foi avaliado mediante a execução de ensaios SPT realizados a cada 1,5 m de profundidade, onde se observaram de forma maioritária valores de $N_{SPT} = 60$, característicos de solos coesivos rijos ou friccionais muito compactos. Excetua-se o horizonte superior interessado em S2, constituído por materiais mais finos, onde se obtiveram valores de $21 \leq N_{SPT} \leq 41$, indicativos de solos coesivos muito duros a rijos, diagnosticando uma descompressão do topo da unidade.

Durante a realização dos trabalhos de furação (maio de 2019) não foi detetada a presença de água no subsolo até às profundidades investigadas. No entanto, a 31 de maio de 2019, oito dias após a conclusão da sondagem S1, foi detetada a presença de água aos 4,8 m de profundidade no furo dessa sondagem, permanecendo seco o furo da sondagem S2.

Dado que a campanha de prospeção foi antecedida por um período de alguma escassez pluviométrica, é recomendável a realização de vistorias periódicas ao sistema de bombagem instalado na cave -3 do edifício.

4.4.2. Considerações Geológico-Geotécnicas

A realização das sondagens S1 e S2 permitiu definir as condições geotécnicas que ocorrem na área investigada, referenciando a presença de aterros com espessura em torno de 1,2 m, recobrindo terrenos miocénicos e oligocénicos caracterizados por valores de $21 \leq N_{SPT} \leq 27$ obtidos a 1,5 m de profundidade, que refletem acentuada descompressão do topo das respetivas unidades e recomendam o aprofundamento dos níveis de assento/reforço.

Os níveis intermédios compreendidos entre os 3,0 m e 4,5 m de profundidade caracterizam-se por alguma variação das resistências, com valores de $41 \leq N_{SPT} \leq 51$, que sugerem a adoção de tensões moderadas.

A partir dos 4,5 m de profundidade ocorrem níveis muito resistentes, caracterizados por valores de $N_{SPT} \geq 60$ característicos de materiais oligocénicos muito consolidados, compatíveis com tensões moderadas a elevadas.

4.4.3. Sismicidade

De acordo com o RSAEEP (Figura 3.17), o concelho de Lisboa insere-se na Zona A, a que corresponde um valor de $\alpha = 1,0$.

O Quadro 4.9 apresenta a tipologia dos terrenos geológicos investigados na área em estudo, de acordo com o mesmo regulamento.

Quadro 4.9 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.

Unidade Geológica	Tipo de terreno		
	I	II	III
	Rochas e solos coerentes rijos	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; Solos incoerentes compactos	Solos coerentes moles e muito moles; Solos incoerentes soltos
Aterros (At)	-	-	•
Miocénico (M_{PR})	•	o	-
Oligocénico (ΦB_f)	•	o	-

• – mais provável o – menos provável

De acordo com a Figura 3.18, o Quadro 3.18 e o Quadro 3.19, o local investigado pela campanha de prospeção posiciona-se nas zonas sísmicas 1.3 e 2.3, respetivamente, para ações sísmicas do tipo 1 e tipo 2, definindo as sondagens um perfil estratigráfico de um terreno do tipo B da classificação do EC8.

4.5. Estudo Geológico-Geotécnico III

O referido estudo tem em vista a definição dos condicionalismos de natureza geotécnica para a construção de estrutura de estacionamento enterrada, para o qual se admite a realização de escavações na ordem dos 3 m de profundidade.

O plano de trabalhos envolveu a realização de quatro sondagens mecânicas, S1 a S4, projetadas na Figura 4.7, com recurso a equipamento de perfuração Oxidrill OG300 montado em veículo de rastos, tendo o avanço sido conseguido através da metodologia de trado oco, com 150 mm de diâmetro externo. Foram realizados ensaios de caracterização *in situ*, SPT, no domínio terroso e rochoso brando, assim como a colocação de dois piezómetros, Pz1 e Pz4, com realização de dois ensaios de permeabilidade Lefranc.

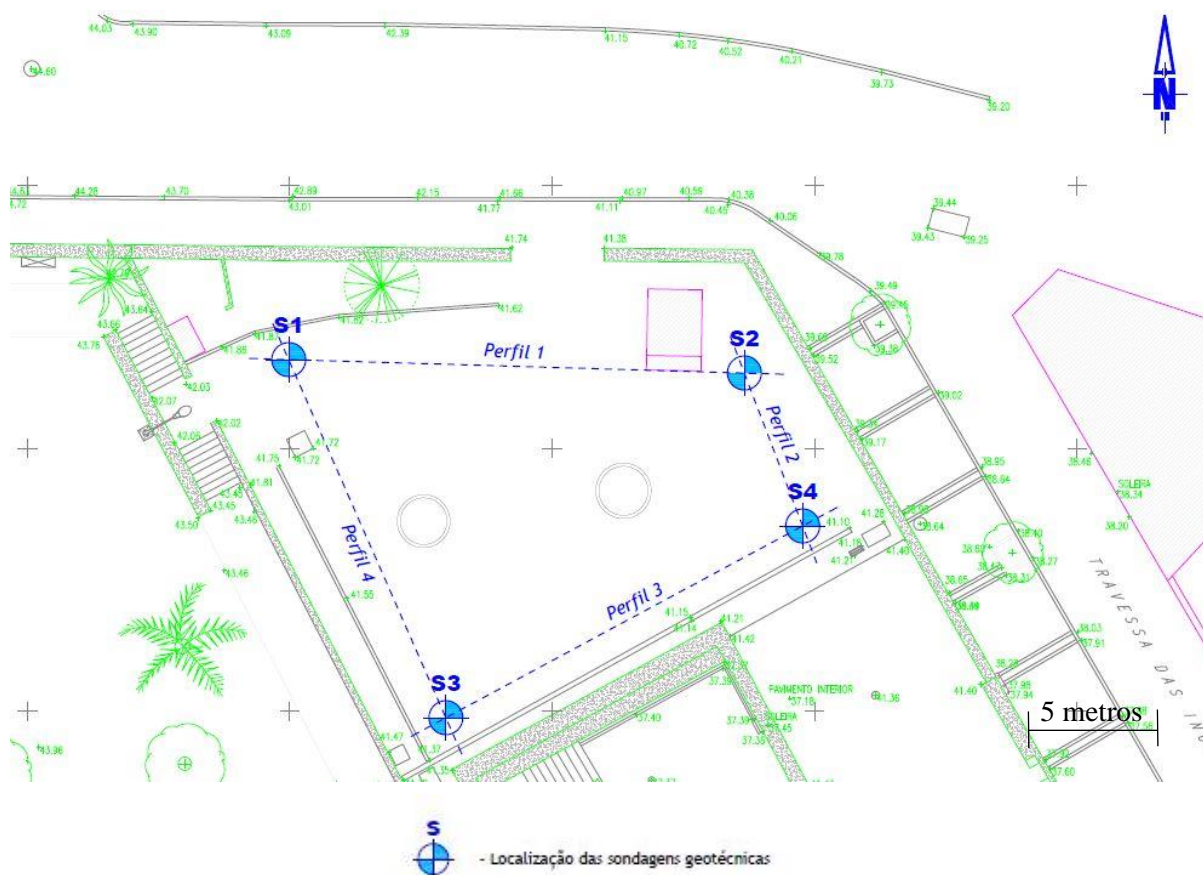


Figura 4.7 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.

Foram também planeados cinco ensaios laboratoriais distintos: teor em água (NP 84); análise granulométrica (LNEC E239); determinação dos limites de consistência de Atterberg (W_L e W_P) (NP 143); determinação da densidade das partículas sólidas (NF P94-068); ensaio de corte direto CU (BS 1377-7, 90).

4.5.1. Prospeção Geológico-Geotécnica

O ambiente geológico prevalecente na área em estudo, enquadrado na área representada pela Figura 4.8, assinala a ocorrência de substrato miocénico, referido na Carta Geológica de Portugal, Folha 34D (Pais *et al.*, 2006), como Argilas de Prazeres (M_{Pr}). Superiormente ocorrem aterros (At) contemporâneos da ocupação urbana do lote.

Os perfis geotécnicos interpretativos (ver ANEXO C-I) esboçam graficamente o desenvolvimento espacial previsível da litoestratigrafia investigada.

Os respetivos diagramas das sondagens e outros trabalhos realizados encontram-se no ANEXO C-II e o Quadro-Resumo dos ensaios laboratoriais no ANEXO C-III.

No Quadro 4.10 encontram-se descritas as diferentes unidades litoestratigráficas ocorrentes no perímetro em estudo.

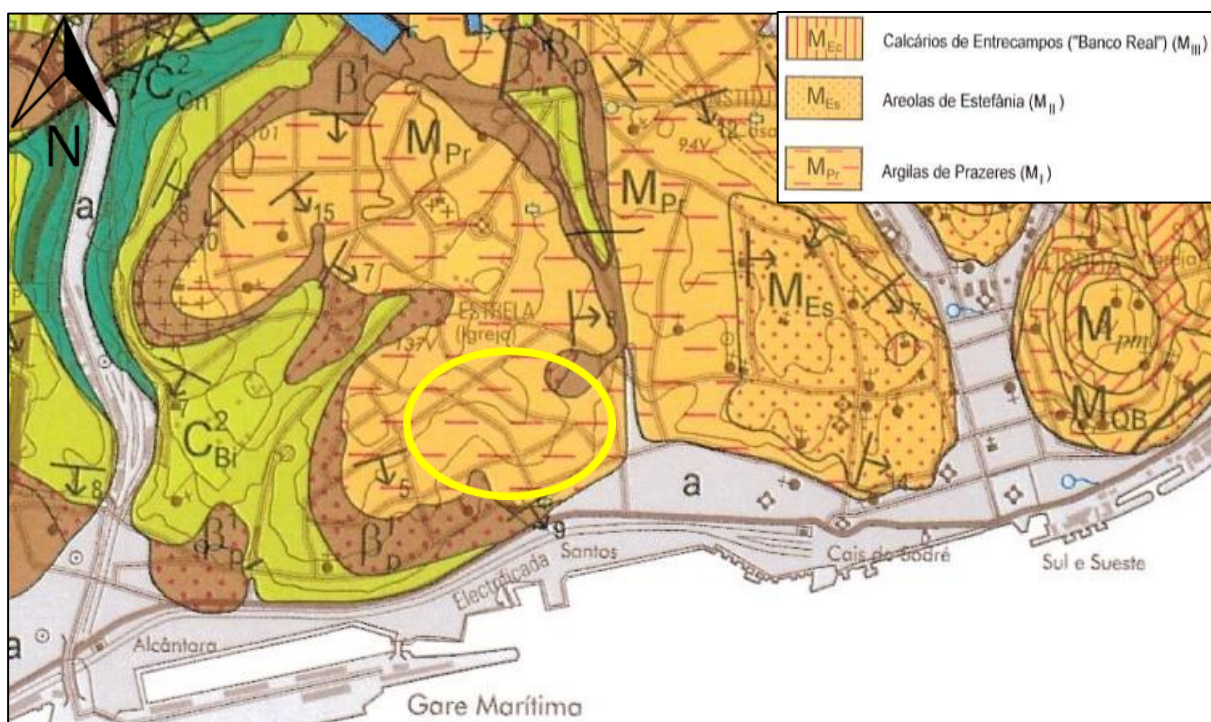


Figura 4.8 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 34D - Lisboa à escala 1:50 000 (Pais *et al.*, 2006), escala indeterminada).

Quadro 4.10 - Coluna litoestratigráfica do dispositivo geológico local investigado.

Estratigrafia	Símbolo	Formação	Litologia
Recente	At	Aterros	<ul style="list-style-type: none"> - Agregados britados calcários e basálticos envoltos em areia siltosa, por vezes com restos de betuminoso; - Fragmentos de cascão calcário fossilífero com passagens de areia fina siltosa de matriz carbonatada; - Siltes argilosos e argilo-arenosos com abundantes nódulos calco-margosos, fragmentos calcários e restos cerâmicos dispersos.
Miocénico	M _{Pr}	Argilas de Prazeres	<ul style="list-style-type: none"> - Argilas siltosas, por vezes com nódulos de argila gipsífera, cristais de gesso, fragmentos carbonatados e conchas dispersos; - Siltes argilosos, margosos, por vezes finamente arenosos; - Cascão calcarenítico fossilífero.

Superficialmente foram observados Aterros (At), constituídos maioritariamente por siltes argilosos e argilo-arenosos, com abundantes nódulos calco-margosos, fragmentos calcários e restos cerâmicos dispersos, variando de tonalidades amarelo acastanhadas e castanho acinzentadas, encontrando-se recobertos superficialmente por agregados britados de natureza calcária e basáltica, por vezes com restos betuminosos. Em S2 ocorrem fragmentos de cascão calcário fossilífero com passagens de areia fina siltosa de matriz carbonatada, amarela e esbranquiçada. Desenvolvem-se até profundidades que variam entre 0,5 m e 3,0 m.

O zonamento geotécnico vertical estabelecido com base dos ensaios SPT permitiu caracterizar os níveis de siltes argilosos e argilo-arenosos como duros, registando valores de N_{SPT} compreendidos entre 12 e 13 pancadas, enquanto que o nível de areia siltosa (S2) apresenta $N_{SPT}=28$, característico de solos friccionais medianamente compactos (com passagens de cascos resistentes).

Subjacentes aos aterros existem terrenos atribuídos ao miocénico representados pelas Argilas de Prazeres (M_{Pr}). Esta formação é materializada superiormente por um nível de argilas siltosas, por vezes com fragmentos carbonatados ocasionais e conchas dispersas, de tonalidades cinzentas esverdeadas, apresentando laivos acastanhados/amarelados frequentes. Em S4 ocorrem superiormente siltes argilosos, finamente arenosos, com abundantes nódulos e/ou fragmentos calco-margosos, amarelados e amarelo acinzentados. Em S2, entre os 10,5 m e 11,5 m ocorre um nível de cascão calcarenítico fossilífero, amarelado. Foram também intersetados em S1, na base deste nível, nódulos de argilas gipsíferas azuladas, e cristais de gesso esbranquiçado hialino em S2 e S3.

O desempenho geotécnico dos terrenos miocénicos foi avaliado mediante a execução de ensaios SPT realizados a cada 1,5 m de profundidade que, até profundidades próximas dos 7,5 m, forneceram valores mais frequentes de $11 \leq N_{SPT} \leq 27$ característicos de solos coesivos duros a muito duros.

O processamento laboratorial das amostras colhidas nas sondagens S2 e S3 acima dos 7,5 m de profundidade, permitiu identificar argilas siltosas, e por vezes levemente arenosas, das classes (CL) e (CH) da classificação unificada e dos grupos A-6(13) e A-7-6(17/18) da Classificação Rodoviária AASHTO, com percentagem em massa passada no peneiro #200 ASTM (<0,074 mm) entre 86% e 97%, com limite de liquidez (W_L) entre 39 e 52% e índice de plasticidade (I_p) entre 23 e 29.

A realização de dois ensaios de absorção de água do tipo Lefranc (carga variável), forneceu valores de permeabilidade de $1,6 \times 10^{-7} \text{ms}^{-1}$ e de $3,9 \times 10^{-7} \text{ms}^{-1}$.

Inferiormemente, até profundidades compreendidas entre os 12 e 13,5 m, obtiveram-se valores mais frequentes de $25 \leq N_{\text{SPT}} \leq 34$, indicativos de solos coesivos muito duros a rijos, com exceção no ensaio SPT aos 10,5 m de profundidade em S2, onde se obteve $N_{\text{SPT}}=60$ no nível de cascão descrito previamente.

O processamento laboratorial da amostra colhida em S4 aos 8,2 m de profundidade identificou argila siltosa da classe (CL)s da classificação unificada e do grupo A-7-6(16) da Classificação Rodoviária AASHTO, com percentagem em massa passada no peneiro #200 ASTM ($<0,074 \text{ mm}$) de 75%, limite de liquidez (W_L) de 46% e índice de plasticidade (I_p) de 27.

Na base da sequência investigada ocorrem siltes argilosos de carácter margoso, por vezes finamente arenosos, fortemente consolidados, de tonalidades cinzentas azuladas. A realização de ensaios SPT neste nível proporcionou a obtenção de valores exclusivos de $N_{\text{SPT}}=60$, característicos de solos coesivos rijos.

Durante a realização dos trabalhos de furação (agosto de 2019) não foi detetada a presença de água no subsolo até às profundidades investigadas, e os piezómetros instalados nas sondagens S1 e S4, não revelaram produtividade hidrogeológica. No entanto, dado que a campanha de prospeção foi antecedida por um período de escassez pluviométrica, recomenda-se a realização de leituras periódicas dos piezómetros ao longo das diferentes épocas do ano, com especial incidência no decurso das estações húmidas.

4.5.2. Considerações Geológico-Geotécnicas

A realização das sondagens S1 e S4 permitiu analisar as condições geotécnicas que ocorrem na zona de inserção da estrutura, referenciando a presença de terrenos de aterro com reduzida aptidão geotécnica, a recobrir terrenos miocénicos muito descomprimidos nos níveis superiores, o que limita a utilização de fundações diretas. Na base da unidade miocénica observam-se terrenos silto-argilosos muito consolidados e resistentes.

Equacionam-se as incidências geotécnicas resultantes do projeto de construção de um piso enterrado para estacionamento e áreas técnicas, que se admite vir a envolver escavação generalizada até cerca de 3 metros de profundidade a partir da cota do terreno existente, proporcionando a remoção dos aterros e a exposição dos terrenos miocénico descomprimidos na base da escavação.

A adoção de profundidade de fundação da ordem dos 3 m em quaisquer dos locais de sondagem, permitirá a adoção de tensões de contacto ligeiras, sendo diretamente mobilizados terrenos caracterizados por valores de N_{SPT} entre 11 e 20 pancadas. A adoção de tensões ligeiramente mais elevadas, ainda assim muito moderadas, implicará a mobilização dos níveis que ocorrem a partir de 4,5 m de profundidade.

Em alternativa sugere-se o recurso a fundações indiretas, por exemplo do tipo microestaca, recomendando-se o seu encastramento no substrato miocénico caracterizado por valores $N_{SPT}=60$, acessível a partir 13,5m de profundidade.

Os ensaios de corte direto não drenado têm como limitações: a impossibilidade de controlar a drenagem, especialmente em solos finos, o plano de corte é imposto e pode não ser o mais fraco principalmente se o solo contiver elementos arenosos. Os ensaios forneceram os seguintes valores:

$$S2: \phi_u = 21^\circ \text{ e } cu = 90 \text{ kPa}$$

$$S3: \phi_u = 35^\circ \text{ e } cu = 46 \text{ kPa}$$

Em termos de curto prazo poderá considerar-se $\phi_u = 0^\circ$ e $cu = 50$ a 100 kPa .

Em obra os locais de implantação dos órgãos de fundação deverão ser objeto de uma inspeção criteriosa e sobretudo experiente, com o intuito de indagar a ocorrência de descompressões e/ou de singularidades geotécnicas não referenciadas na prospeção (fenómenos de carsificação das assentadas calco-gresosas, fenómenos de erosão interna, descontinuidades estruturais e tectónicas, etc.), por forma a garantir a mobilização inequívoca de terrenos com características compatíveis com o carregamento previsto.

As escavações a desenvolver irão confrontar com arruamentos e estruturas contíguos, cuja estabilidade e operacionalidade terá de ser convenientemente acautelada pelo projeto de estabilidade, mediante a adopção de medidas construtivas que garantam adequadas condições de contenção provisória dos taludes a expor na escavação. Recomenda-se uma solução de contenção dimensionada com a rigidez necessária para minimizar as deformações na envolvente e a utilização do método observacional.

4.5.3. Sismicidade

De acordo com o RSAEEP (Figura 3.17), o concelho de Lisboa insere-se na Zona A, a que corresponde um valor de $\alpha = 1,0$.

O Quadro 4.11 apresenta a tipologia dos terrenos geológicos investigados na área em estudo, de acordo com o mesmo regulamento.

Quadro 4.11 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.

Unidade Geológica	Tipo de terreno		
	I	II	III
	Rochas e solos coerentes rijos	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; Solos incoerentes compactos	Solos coerentes moles e muito moles; Solos incoerentes soltos
Aterros (At)	-	-	•
Miocénico (M_{PR})	o	•	-

• – mais provável o – menos provável

De acordo com a Figura 3.18, o Quadro 3.18 e o Quadro 3.19, o local investigado pela campanha de prospeção posiciona-se nas zonas sísmicas 1.3 e 2.3, respetivamente, para ações sísmicas do tipo 1 e tipo 2, definindo as sondagens um perfil estratigráfico de um terreno do tipo C da classificação do EC8.

4.6. Estudo Geológico-Geotécnico IV

O referido estudo tem em vista a definição dos condicionalismos de natureza geotécnica para a construção de um edifício com um piso semienterrado, no qual se admite a realização de escavações na ordem dos 4 m de profundidade.

O plano de trabalhos envolveu a realização de duas sondagens mecânicas, S1 e S2, projetadas na Figura 4.9, com recurso a equipamento de perfuração AVSDrill 850 montado em veículo de rastros, tendo o avanço sido conseguido através da metodologia de trado oco, com 150 mm de diâmetro externo. No maciço rochoso basáltico foi utilizado furação à rotação com recurso a caroteador duplo de 76 mm de diâmetro interno. Foram realizados ensaios de caracterização *in situ*, SPT, no domínio terroso e rochoso brando, assim como a colocação de um piezómetro, Pz1.

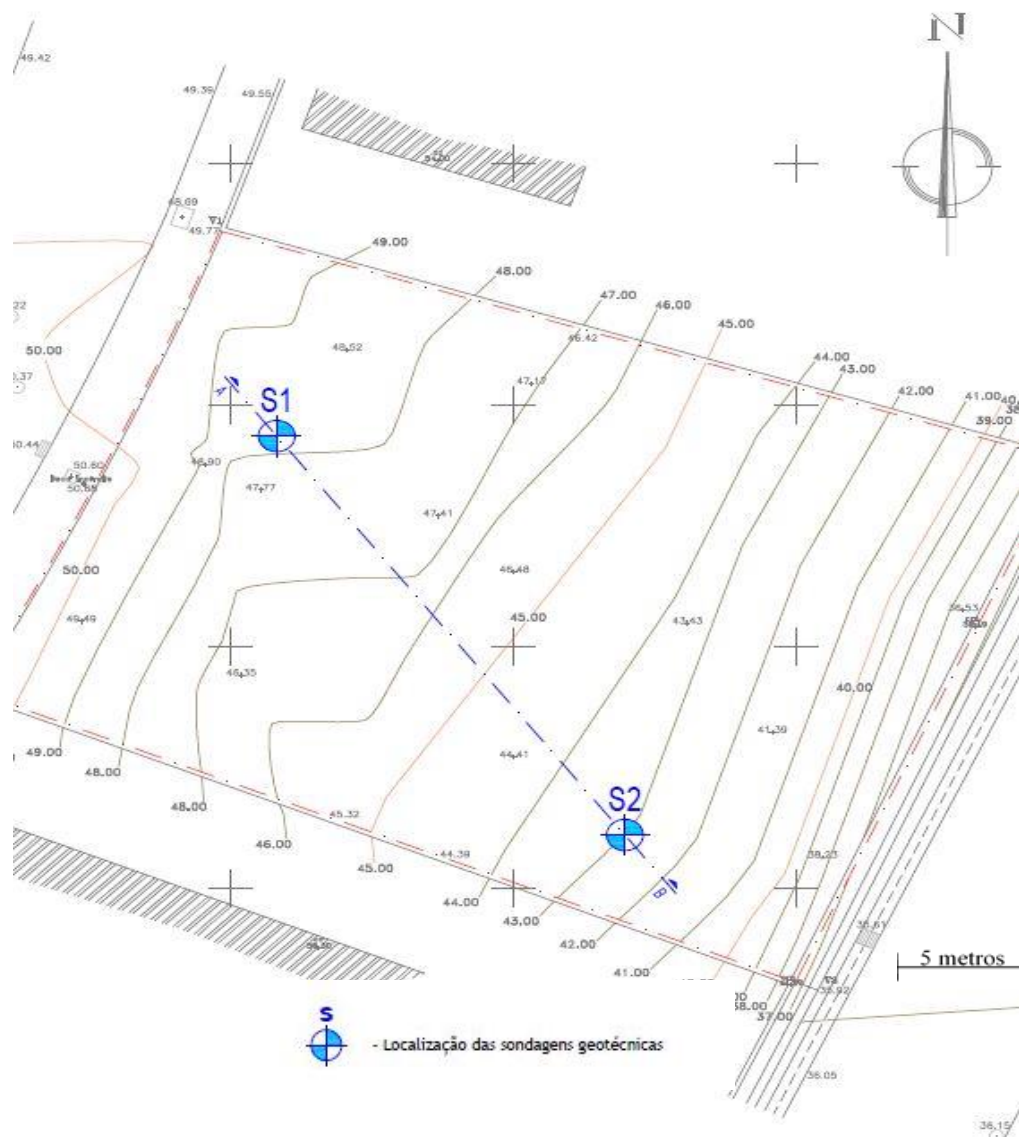


Figura 4.9 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.

4.6.1. Prospeção Geológico-Geotécnica

O ambiente geológico prevalecente na área em estudo, enquadrado na área representada pela Figura 4.10, assinala a ocorrência de substrato vulcânico, referido na Carta Geológica de Portugal, Folha 34A (Pais *et al.*, 2006), como Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1). Superiormente ocorrem aterros (At) de génese contemporânea.

O perfil geotécnico interpretativo (ver ANEXO D-I) esboça graficamente o desenvolvimento espacial previsível da litoestratigrafia investigada.

Os respetivos diagramas das sondagens encontram-se no ANEXO D-II.

No Quadro 4.12 encontram-se descritas as diferentes unidades litoestratigráficas ocorrentes no perímetro em estudo.

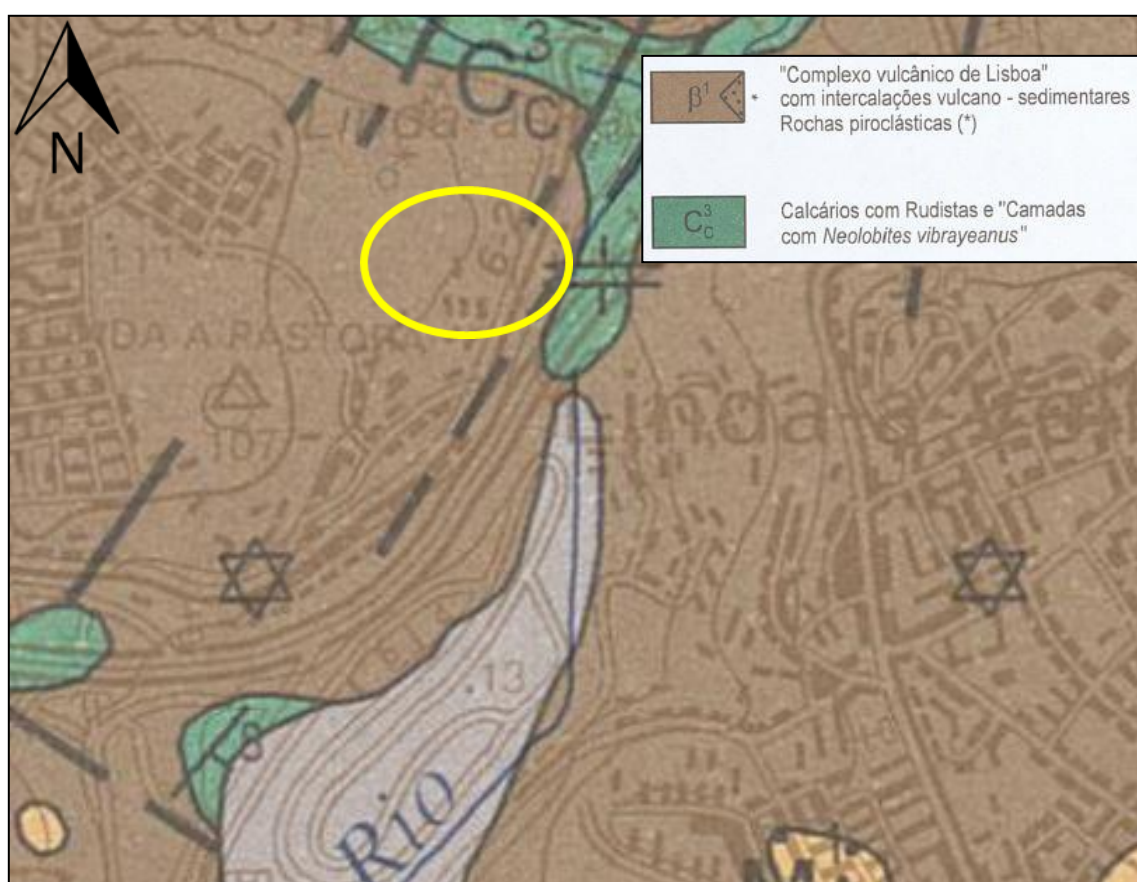


Figura 4.10 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, Folha 34D - Lisboa à escala 1:50 000 (Pais *et al.*, 2006), escala indeterminada).

Quadro 4.12 - Coluna litoestratigráfica do local investigado.

Estratigrafia	Símbolo	Formação	Litologia
Recente	At	Aterro	- Aterro areno-silto-argiloso, com calhaus, seixo, restos cerâmicos e restos vegetais (raízes) dispersos
Neocretácico	β^1	Complexo Vulcânico de Lisboa	- Solo residual basáltico, silto-arenoso, algo argiloso, que incorpora fragmentos basálticos; - Basalto, por vezes envolto em matriz silto-argilosa castanha a esbranquiçada

Na área investigada estabelecem-se aterros (At) com espessuras que variam entre 1,50 e 2,00 m de profundidade. Trata-se de aterros areno-silto-argilosos, com calhaus, seixo, restos cerâmicos (tijolo) e restos vegetais (raízes) dispersos, de tonalidade acastanhada. A sua caracterização geotécnica com recurso a ensaios SPT, obteve valor de $N_{SPT}=13$, indicativo de solos medianamente compactos/duros.

Subjacente aos aterros, estabelece-se o Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1), que localmente é composto por dois níveis: um superficial, onde ocorre solo residual basáltico (W_5), silto-arenoso, algo argiloso, que incorpora fragmentos basálticos, de tonalidades cinzentas escuras, que se prolonga até cerca de 3,50 m de profundidade; e um nível inferior, composto por basalto medianamente a muito alterado (W_{4-3}) e intensamente fraturado (F_5), por vezes envolto em matriz silto-argilosa acastanhada a esbranquiçada, cinzento escuro.

As percentagens de recuperação variam entre 40 e 93%, às quais se associa RQD nulo, tratando-se assim de um maciço rochoso de muito fraca qualidade. Os ensaios SPT realizados no nível superior obtiveram valores de N_{SPT} compreendidos entre 58 e 60 pancadas, indicativos de solos muito compactos/rijos.

O dispositivo investigado mostrou-se produtivo do ponto de vista hidrogeológico no decorrer da campanha de prospeção (novembro de 2019), sendo que a leitura do piezómetro instalado em S1 no dia 12 de novembro indicou que o nível de água se situa a 5,75 m de profundidade.

4.6.2. Considerações Geológico-Geotécnicas

A realização das sondagens S1 e S2 permitiu simular o desempenho geotécnico associado ao dispositivo geológico ocorrente no subsolo dos perímetros investigados, tendo referenciado a ocorrência de aterros de espessura entre 1,5 e 2,0 m, recobrindo substrato vulcânico pertencente ao Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1).

Os depósitos de aterro são materiais pouco resistentes, bastante deformáveis, e portanto sem características adequadas para assento de elementos de fundação das novas estruturas (fundações de edifício, muros ou aterros).

Os indicadores resultantes das sondagens S1 e S2 sugerem que ao nível do fundo de escavação venham a estabelecer-se terrenos basálticos com distintos níveis de alteração. Na zona da sondagem S1, à cota prevista para implantação da estrutura, ocorrem basaltos medianamente a muito alterados (W_{4-3}) e muitíssimo fraturados (F_5), enquanto na zona da sondagem S2, a cota de implantação da moradia se encontra acima da cota de terreno natural, sendo que neste caso será necessário aprofundar cerca de

1,5m relativamente ao terreno natural para aceder aos substrato basáltico decomposto (W_5), caracterizado por $N_{SPT}=58$ pancadas.

Com base nas características geotécnicas descritas, sugere-se a adoção de fundações diretas com tensões elevadas, quando se mobilizarem os terrenos basálticos muito a medianamente alterados (W_{4-3}), e quando se mobilizem os terrenos basálticos decompostos (W_5), caracterizados por $N_{SPT} \geq 58$ pancadas.

A escavação a desenvolver para a construção do piso semi-enterrado irá confrontar com arruamentos e edificações cuja estabilidade e operacionalidade terá de ser convenientemente acautelada pelo projeto de estabilidade, prevendo medidas construtivas que garantam adequadas condições de contenção provisória.

É necessário ter em consideração as frequentes instabilizações nos maciços basálticos, resultantes da presença de preenchimentos argilosos muito plásticos ocorrentes ao nível das fraturas, com características de atrito muito baixas que provocam o deslizamento e a instabilização de massas importantes. De salientar que alguns dos materiais existentes ao nível da base da escavação possuem tendência para se degradarem rapidamente quando desconfinados e expostos.

Em termos de escavabilidade os terrenos basálticos decompostos, W_5 , poderão ser escavados com recurso a meios mecânicos tradicionais de terraplenagem, podendo ocasionalmente requerer o recurso a martelo saneador (“pica-pau”).

O comportamento rochoso associado aos níveis basálticos identificados pelas siglas W_{4-3} , com intensa fracturação (F_5), traduzem comportamento só acessível a equipamentos de terraplenagem do tipo *ripper* de média a elevada potência, auxiliado de forma sistemática por martelo saneador (“pica-pau”), devendo requerer para desmonte das bancadas mais espessas e menos fraturadas a utilização de cunhas hidráulicas (*dardas*). O nível de água, registado a cerca de 5,75m de profundidade, medido no piezómetro S1, não deverá interferir com as profundidades de escavação.

4.6.3. Sismicidade

De acordo com o RSAEEP (Figura 3.17), o concelho de Oeiras insere-se na Zona A, a que corresponde um valor de $\alpha = 1,0$.

O Quadro 4.13 apresenta a tipologia dos terrenos geológicos investigados na área em estudo, de acordo com o mesmo regulamento.

Quadro 4.13 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.

Unidade Geológica	Tipo de terreno		
	I	II	III
	Rochas e solos coerentes rijos	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; Solos incoerentes compactos	Solos coerentes moles e muito moles; Solos incoerentes soltos
Aterros (At)	-	o	•
Complexo Vulcânico de Lisboa (β^1)	•	o	-

• – mais provável o – menos provável

De acordo com a Figura 3.18, o Quadro 3.18 e o Quadro 3.19, o local investigado pela campanha de prospeção posiciona-se nas zonas sísmicas 1.3 e 2.3, respetivamente, para ações sísmicas do tipo 1 e tipo 2, definindo as sondagens um perfil estratigráfico de um terreno do tipo A da classificação do EC8.

4.7. Estudo Geológico-Geotécnico V

O referido estudo tem em vista a definição dos condicionalismos de natureza geotécnica para a construção de uma urbanização num terreno no Porto.

O plano de trabalhos envolveu a realização de doze sondagens mecânicas, S1 a S12, projetadas na Figura 4.11, com recurso a equipamento de perfuração Beretta T-46 montado em veículo de rastos, tendo o avanço sido conseguido através da metodologia de rotação com amostragem contínua, com 86 mm de diâmetro externo e tubos de revestimento com 116 mm de diâmetro externo. Foram realizados ensaios de caracterização *in situ*, SPT, no domínio terroso e rochoso brando, assim como instalados cinco piezómetros, Pz1, Pz4, Pz6, Pz8 e Pz11.

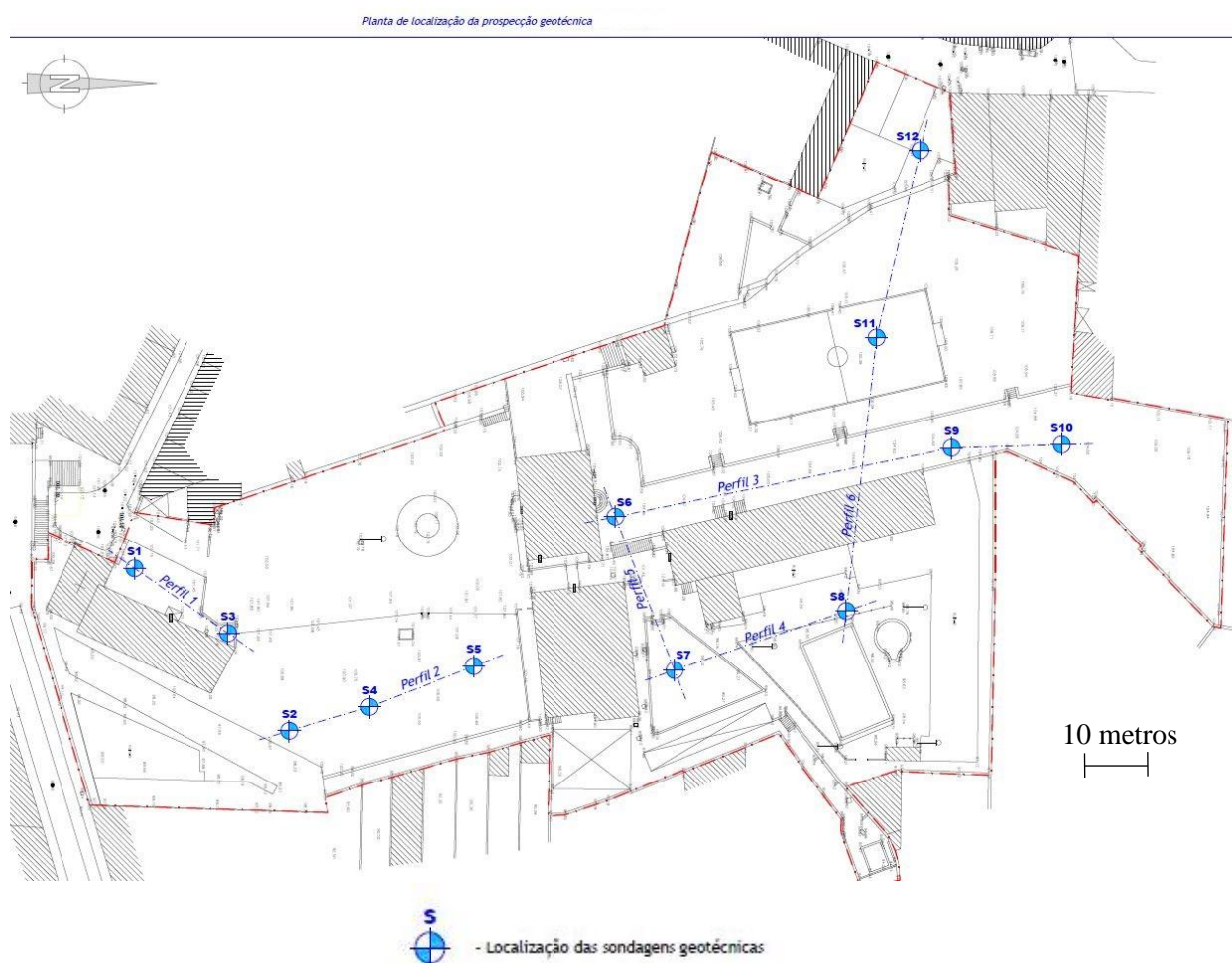


Figura 4.11 - Localização dos trabalhos realizado e respetiva legenda.

4.7.1. Prospeção Geológico-Geotécnica

O ambiente geológico prevalecente na área em estudo, enquadrado na área representada pela Figura 4.12, assinala a ocorrência de terrenos ígneos, referido na Carta Geológica de Portugal, Folha 9C (Costa e Teixeira, 1957), como Granitos do Porto (γ_m). Superiormente ocorrem solos orgânicos (So) e alguns aterros (At) de génese contemporânea resultantes da ocupação urbana da propriedade.

O perfil geotécnico interpretativo (ver ANEXO E-I) esboça graficamente o desenvolvimento espacial previsível da litoestratigrafia investigada.

Os respetivos diagramas das sondagens encontram-se no ANEXO E-II.

No


Quadro 4.14 encontram-se descritas as diferentes unidades litoestratigráficas ocorrentes no perímetro



Figura 4.12 - Enquadramento geológico da área em estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal 9C à escala original 1:50 000 (Costa e Teixeira, 1957) - escala indeterminada).

em estudo.

Quadro 4.14 - Coluna litoestratigráfica do local investigado.

Est. stratigrafia	Símbolo	Formação	Litologia
<div style="text-align: center;">  N Recente </div>	So	Solo orgânico	- Areia fina siltosa, micácea, e silte arenoso, por vezes com seixo e calhau disperso e restos vegetais abundantes.
	At	Aterro	- Areia fina a média, siltosa, com seixo, calhau e restos cerâmicos dispersos, por vezes com fragmentos líticos frequentes.
Rochas eruptivas hercínicas	γ _m	Granitos do Porto	- Granito de grão médio a grosseiro de duas micas; - Granito decomposto, debitando-se em areia siltosa, micácea, ou transformado em silte areno-argiloso fortemente caulínifero, por vezes com fragmentos e passagens de granito.

Superficialmente, em zonas de canteiro/jardim, foram observados solos orgânicos (So), com espessura compreendida entre 0,1m e 0,5m, constituídos maioritariamente por areia fina siltosa, levemente micácea a micácea, com seixo miúdo disperso, castanha muito escura, e, em S5, siltes arenosos, com seixo, calhau e restos vegetais abundantes, de tonalidades anegradas.

De forma generalizada ocorrem aterros (At) com profundidade compreendida entre 1m e 4,5m. São constituídos por areias finas a médias, por vezes muito finas, siltosas a muito siltosas, não raras vezes algo argilosas (silto-argilosas em S9, S11 e S12), micáceas, de tonalidades acastanhadas, com seixo, calhau, restos cerâmicos e vegetais (raízes) dispersos, por vezes com fragmentos de granito decomposto. Em S8 observa-se argila siltosa, micácea, castanha. Em S6, S7, S8, S9, S10 foram detetados fragmentos graníticos frequentes a abundantes, sendo que em S12 o aterro encontra-se sob bloco de granito.

Subjacente aos aterros estabelece-se o substrato granítico hercínico (γ_m), constituído por granitos de grão médio a grosseiro de duas micas, de tonalidades cinzentas esbranquiçadas a amareladas, maioritariamente mesoleucocratas a leucocratas.

Nas sondagens S9, S11 e S7 foram intersetados exclusivamente granitos decompostos (W_5), debitando-se por areia siltosa, micácea, estando por vezes transformados em silte areno-argiloso fortemente caulínifero, por vezes com fragmentos/passagens de núcleos rochosos. Em S8 e S10 o substrato encontra-se maioritariamente decomposto, excetuando núcleos rochosos observados no final da sondagem S8 e entre os 4,5m e 6m de profundidade em S10, classificado no âmbito das rochas medianamente alteradas e medianamente a muito fraturadas (W_3 ; F_{4-3}), e, medianamente a muito alteradas e muito a intensamente fraturadas (W_{3-4} ; F_{4-5}), respetivamente.

Em S11 foi detetado um filão de quartzo entre os 6,5m e 9m de profundidade, que se apresentou pouco a medianamente alterado (W_{3-2}) mas intensamente fraturado (F_5), e que terá promovido a decomposição (W_5) do granito encaixante transformado em silte argiloso, por vezes arenoso, de tonalidades esbranquiçadas, com elementos de quartzo disperso.

As litologias residuais graníticas propiciam a penetração da água, possuindo simultaneamente uma boa capacidade de retenção, circunstância que favorece a decomposição da rocha subjacente. Mesmo durante os períodos secos, a zona inferior de embebição permanece húmida, traduzindo-se numa arenização muito ativa, devido à ação combinada do calor e da humidade. Assim, em áreas deprimidas ou aplanadas e em encostas de declive pouco acentuado, como parece ter sido originalmente a área em estudo, a ocorrência do substrato pouco alterado realiza-se progressiva e continuamente. Este fenómeno encontra-se particularmente bem representado na zona investigada, impondo a ocorrência generalizada de solos saprolíticos, de alteração in situ dos maciços. Trata-se de materiais de composição granular ou siltosa, com fração grosseira de dimensão seixo mais ou menos representativa, materializada por pequenos fragmentos da rocha-mãe primordial preservados pelos agentes meteóricos.

Nas restantes sondagens foram inferidos tanto granitos decompostos (W_5), como núcleos rochosos graníticos, onde o grau de alteração e de fracturação variam consideravelmente. Os granitos decompostos, que resultam maioritariamente em areia siltosa, micácea, de tonalidades esbranquiçadas a amareladas, apresentam uma percentagem de recuperação compreendida entre 0 e 40%, e intervalo de valores N_{SPT} compreendidos entre 5 e 21 pancadas, indicando compacidade muito solta a medianamente compacta. Fazem exceção os ensaios realizados a 4,5m e 6m de profundidade em S2 onde se obtiveram valores exclusivos de 60 pancadas, característicos de solos granulares muito compactos.

O zonamento geotécnico vertical, estabelecido *in situ* mediante a realização sistemática de ensaios SPT, verificou forte irregularidade no comportamento mecânico destes materiais decompostos. A gama de resultados obtidos, que oscilou entre valores extremados de $3 \leq N_{SPT} \leq 60$, ilustra a tradicional heterogeneidade geotécnica associada a estes maciços, imergindo, porém, uma tendência de incremento de resistência em profundidade.

Os núcleos rochosos, quanto ao grau de alteração, variam entre pouco a medianamente alterados (W_{2-3}) e intensamente a muito alterados (W_{5-4}), dominando, porém, os trechos medianamente a muito alterados (W_{4-3}) e medianamente alterados (W_3). A fracturação do maciço varia entre intensamente fraturado (F_5) e pouco a medianamente fraturado (F_{2-3}), estando maioritariamente representados os trechos rochosos medianamente a muito fraturado (F_{3-4}) e medianamente fraturado (F_3).

Dada a natureza rochosa do substrato geológico, as discontinuidades ortogonais existentes atuam como superfícies de baixa resistência ao corte e de resistência à tração virtualmente nula, influenciando assim o comportamento geotécnico do maciço. A percentagem de recuperação no domínio rochoso variou entre 40 e 100% e o RQD entre 10 e 93%, traduzindo a forte heterogeneidade do maciço.

A campanha de prospeção reconheceu dispositivo geológico hidrologicamente produtivo, tendo sido assinalado nível de água nas sondagens munidas de piezómetros hidráulicos de tubo aberto. No Quadro 4.15 são apresentadas as leituras dos piezómetros efetuadas durante a realização dos trabalhos de campo (novembro a dezembro de 2019).

Quadro 4.15 - Registo das leituras dos níveis de água nos piezómetros durante decorrer dos trabalhos de campo.

Leituras piezométricas	Profundidade do nível de água (m)				
Data	Pz1	Pz4	Pz6	Pz8	Pz11
20/11/2019	11,92	-	-	-	-
21/11/2019	11,95	-	-	-	-
22/11/2019	11,96	-	-	-	-
25/11/2019	11,91	-	-	-	-
26/11/2019	11,91	-	-	-	-
27/11/2019	10,26	11,48	-	-	-
28/11/2019	10,74	11,66	-	-	-
29/11/2019	11,90	11,74	-	-	-
30/11/2019	11,42	11,79	-	-	-
02/12/2019	10,43	11,76	-	4,63	-
03/12/2019	11,26	11,73	-	4,64	-
04/12/2019	11,92	11,76	-	4,65	-
05/12/2019	Seco	11,76	7,80	4,68	-
06/12/2019	Seco	11,80	8,20	4,70	-
07/12/2019	Seco	11,86	8,34	4,72	-
09/12/2019	Seco	11,93	8,52	4,74	-
10/12/2019	Seco	Seco	8,51	4,75	-
11/12/2019	Seco	Seco	8,53	4,76	6,84
12/12/2019	Seco	Seco	8,49	4,76	7,99

4.7.2. Considerações Geológico-Geotécnicas

As sondagens realizadas permitiram definir as condições geotécnicas que ocorrem na área investigada, referenciando a presença de aterros com reduzida aptidão geotécnica, a recobrir terrenos graníticos globalmente decompostos com forte descompressão dos níveis superiores, até profundidades superiores a 10m, que condicionará de forma significativa o sistema de fundações das estruturas. Os granitos decompostos evoluem em profundidade para níveis resistentes ou fazendo passagem a núcleos rochosos que, pontualmente, se estabelecem próximo da superfície.

Na área de influência das sondagens S1, S2 e S3 foram diagnosticados aterros descomprimidos recobrimo maciço granítico muito a medianamente alterado e muito fraturado, por vezes com níveis desagregáveis muito resistentes caracterizados por valores de $N_{SPT}=60$ (S2). Na sondagem S1 a partir de cerca dos 7,5m de profundidade estabelecem-se saibros descomprimidos caracterizados por valores de $15 \leq N_{SPT} \leq 16$.

Neste contexto sugere-se a prática de fundações superficiais no topo do maciço granítico rochoso, que se deverá estabelecer a cerca dos 1,5m a 2m de profundidade, com tensões de contacto elevadas. Na zona da sondagem S1 a ocorrência de saibros descomprimidos em profundidade recomenda a limitação a tensões muito moderadas.

Na área das sondagens S4 e S5 observam-se aterros e saibros graníticos muito descomprimidos até aos 7,5m e 4,5m de profundidade, respetivamente, caracterizados por valores de $5 \leq N_{SPT} \leq 15$, eventualmente relacionados com a modelação em patamar e com a cunha de aterro que se desenvolve a tardoz do muro de contenção que limita o lote a nascente.

Na zona de influência da sondagem S4 sugere-se o recurso a elementos de fundação do tipo estacas, encastradas no substrato rochoso que se estabelece a partir dos 7,5m de profundidade.

Na zona de influência da sondagem S5 sugere-se a prática de fundações semi-diretas (pegões) a cerca de 4,5m de profundidade, com tensões de contacto elevadas no topo do maciço granítico rochoso.

Na sondagem S7 foram referenciados aterros muito descomprimidos até cerca dos 3,5m de profundidade, caracterizados por valores de $N_{SPT} \leq 3$, fazendo passagem ao substrato granítico decomposto representado por solos residuais compactos e muito compactos caracterizados por valores de $45 \leq N_{SPT} \leq 50$. Neste contexto sugere-se a prática de fundações semi-diretas (pegões) a 4,5m de profundidade, com tensões elevadas.

Na sondagem S8 os solos residuais graníticos descomprimidos caracterizados por valores de $6 \leq N_{SPT} \leq 22$, desenvolvem-se até aos 10,5m de profundidade, sugerindo o recurso a elementos de fundação profundos, encastrados nos níveis resistentes caracterizados por valores de $N_{SPT}=60$.

Na sondagem S6 referenciaram-se aterros muito descomprimidos até aos 2m de profundidade, fazendo passagem a granito rochoso muito a medianamente alterado e fraturado com níveis friáveis muito alterados, mas muito resistentes ($N_{SPT}=60$). Neste contexto sugere-se a prática de fundações superficiais no topo do substrato granítico rochoso com tensões de contato elevadas.

Na sondagem S9 foram intersetados aterros muito descomprimidos até cerca dos 4,5m de profundidade, caracterizados por valores de $N_{SPT} \leq 8$, fazendo passagem ao substrato granítico decomposto representado por materiais soltos (no topo) a medianamente compactos caracterizados por valores de $6 \leq N_{SPT} \leq 19$. Neste contexto sugere-se o recurso a elementos de fundação por estacas encastradas nos níveis resistentes caracterizados por valores de $N_{SPT} = 60$.

Nas sondagens S10 e S11 assinalaram-se aterros e saibros graníticos descomprimidos caracterizados por valores de $6 \leq N_{SPT} \leq 22$ até profundidades que variaram entre os 4,5 e os 6m respetivamente. Inferiormente desenvolve-se substrato granítico decomposto a muito alterado (com núcleos rochosos muito a medianamente alterados) representado por solos residuais compactos e muito compactos caracterizados por valores de $47 \leq N_{SPT} \leq 60$. Neste contexto sugere-se a prática de fundações semi-diretas a 4,5m (S10) e 6m (S11) de profundidade, com tensões elevadas.

Na sondagem S12 foram referenciados aterros até cerca de 1m de profundidade, fazendo passagem ao substrato granítico rochoso medianamente alterado e muito a medianamente fraturado, sugerindo a possibilidade da prática de fundações diretas com tensões de contato elevadas.

O assento das fachadas na dependência dos aterros com muito baixa aptidão geotécnica, e a pretensão da sua preservação pode recomendar o respetivo reforço, função da amplitude das escavações que se possam vir a realizar e à necessidade de se proceder a trabalhos de rebaixamento.

As condições hidrogeológicas reconhecidas referenciam a presença de níveis estabilizados a profundidades que poderão vir a ser atravessadas por eventuais escavações, apesar de ser recomendável a inclusão de elementos de drenagem devido a águas que tendem a percolar na transição dos aterros aos níveis em que assentam, bem como devido a possíveis variações de nível que se venham a detetar nos piezómetros.

Mecanismos de desmonte

Eventuais escavações para implantação das estruturas (pisos enterrados) que venham a mobilizar os aterros e os níveis decompostos do maciço granítico representado por solos residuais, poderão ser realizadas através do emprego de equipamentos mecânicos de terraplenagem, do tipo máquina de lâmina ou *ripper*. Estes terrenos possuem efetivamente comportamento globalmente *ripável*, não se perspetivando grandes condicionalismos em termos de metodologia de desmonte.

Por outro lado, a ocorrência de granitos com comportamento rochoso franco sugere a eventualidade de serem mobilizados trechos com comportamento *não ripável*. O enquadramento da área em meio urbano é, por outro lado, muito restritivo no emprego dos meios de desmonte habituais para este tipo de terrenos, interditando a possibilidade de aplicação de explosivos e condicionando o emprego de equipamentos mecânicos do tipo martelo saneador. Nestas condições considera-se que a execução dos desmontes dos horizontes de comportamento *não ripável* poderá sugerir o emprego de caldas expansivas, ou eventualmente a explosivos de baixa velocidade de propagação, do tipo *rockcraker* ou cunhas hidráulicas (*dardas*).

A eventual utilização de explosivos especiais de baixa velocidade de propagação, do tipo *rockcracker* não dispensará uma análise prévia das condições reais de aplicação com registo do ruído e das vibrações

induzidas, e respetiva avaliação dos impactes sobre as estruturas e atividades existentes no contorno de influência.

Geometria das escavações

Como anteriormente se referiu o modelo geológico local envolve a ocorrência de aterros e saibros de alteração das rochas graníticas até profundidades variáveis, por vezes superiores a 10m, que localmente fazem transição à rocha granítica muito a medianamente alterada e medianamente a pouco alterada. Com base nas características geotécnicas dos terrenos interessados considera-se recomendável a adoção de geometria de escavações com $V/H = 1/2,5$ nos materiais de aterro e $V/H = 1/2$ nos saibros graníticos descomprimidos ($N_{SPT} \leq 22$).

Na relação com os saibros compactos e muito compactos ($45 \leq N_{SPT} \leq 60$) e com o maciço rochoso granítico sugere-se a prática de inclinações até $V/H = 1/1,5$. A adoção de geometrias mais agressivas deverá envolver o levantamento geotécnico das frentes de escavações expostas (com especial ênfase na deteção de diaclases “reliquia”) e a respetiva verificação da estabilidade.

As escavações a desenvolver poderão confrontar edificações, muros e arruamentos contíguos, cuja estabilidade e operacionalidade terá de ser convenientemente acautelada pelo projeto de estabilidade, mediante a adoção de medidas construtivas que garantam adequadas condições de contenção provisória dos taludes a expor na escavação, eventualmente através da adoção de soluções de contenção. Especial atenção deverá merecer o limite nascente do lote face à existência de muros de suporte de terras na faixa de confronto com os lotes anexos.

4.7.3. Sismicidade

De acordo com o RSAEEP (Figura 3.17), o concelho do Porto insere-se na Zona D, a que corresponde um valor de $\alpha = 0,3$.

O Quadro 4.16 apresenta a tipologia dos terrenos geológicos investigados na área em estudo, de acordo com o mesmo regulamento.

Quadro 4.16 - Tipo de terreno de acordo com o RSAEEP.

Unidade Geológica	Tipo de terreno		
	I	II	III
	Rochas e solos coerentes rijos	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; Solos incoerentes compactos	Solos coerentes moles e muito moles; Solos incoerentes soltos
Aterros (At) e solos orgânicos (So)	-	-	•
Granitos do Porto (γ_m)	•	•	o

• – mais provável o – menos provável

De acordo com a Figura 3.18, o Quadro 3.18 e o Quadro 4.16 o local investigado pela campanha de prospeção posiciona-se nas zonas sísmicas 1.6 e 2.5, respetivamente, para ações sísmicas do tipo 1 e tipo 2, definindo as sondagens um perfil estratigráfico de um terreno do tipo C/B e A (zonas rochosas) da classificação do EC8.

5. Considerações Finais

O presente relatório teve como objetivo sintetizar todo o trabalho desenvolvido durante o estágio na Geocontrole - Geotecnia e Estruturas de Fundação S.A.

As limitações de tempo e os custos envolvidos nas campanhas de prospeção são frequentemente evocados pelos donos de obra e podem condicionar fortemente a qualidade do estudo geológico-geotécnico. As boas práticas recomendam que se deve procurar obter a informação necessária sobre os terrenos interessados com a melhor relação benefício/custo. Nos casos estudados, os métodos mais utilizados foram poços, sondagens geotécnicas e ensaios SPT, assim como a caracterização em laboratório. Considera-se que os trabalhos realizados permitiram obter os parâmetros necessários ao projeto, tendo sido assegurada a qualidade das campanhas de prospeção e ensaio e a respetiva interpretação.

O número de sondagens, tipo e quantidades de ensaios atenderam às áreas envolvidas e aos tipos de obras a construir, pelo que se consideram adequados aos objetivos de cada estudo, como se sintetiza nos parágrafos seguintes.

No total foram elaborados cinco Estudos Geológico-Geotécnicos, tendo sido efetuados 143,68 metros de furação sem recuperação contínua de amostra e 139,63 metros com amostragem contínua, perfazendo um total de 283,31 metros perfurados. Em solos, foram efetuados dois ensaios de absorção de água, do tipo Lefranc, assim como 210 ensaios SPT.

Nos Casos de Estudo I, II e III foram efetuados diversos ensaios laboratoriais, permitindo determinar com rigor alguns parâmetros geotécnicos, sem necessidade de efetuar correlações empíricas, sendo por isso os únicos casos considerados neste capítulo de considerações finais. Os parâmetros geotécnicos obtidos através do processamento laboratorial de amostras provenientes das formações geológicas abordadas encontram-se no Quadro 5.1.

No Caso de Estudo I, relativo à reabilitação de um edifício, preservando a fachada do mesmo, e a execução de um piso enterrado, foram realizadas cinco sondagens sem recuperação de testemunho, com diâmetro externo de 150 mm, atingindo um total de 50,05 metros de comprimento perfurado. Foram executados 33 ensaios SPT. Foram instalados três piezômetros, com diâmetro de 90 mm, num total de 27,55 metros de extensão. Neste caso de estudo foram ainda escavados dois poços de inspeção de fundações, na base dos quais foi realizado um ensaio PDL, obtendo um valor para $q_{d_{méd}}$ compreendido entre 3,8 e 4,2 MPa.

A colheita de duas amostras teve como objetivo a realização de ensaios de identificação, nomeadamente os teores em água, granulometrias e limites de consistência. Este procedimento laboratorial permitiu classificar as amostras colhidas da formação “Aterros e aluviões (a)” como areias médias, pertencente à classe SP da classificação unificada de solos e do grupo A-3(0) da Classificação Rodoviária AASHTO. O teor em água varia entre 5 e 5,5%, não apresentando plasticidade. A percentagem em massa passada no peneiro < 2,0 mm varia entre 84 e 99%, no peneiro < 0,42 mm de 52 a 64% e no peneiro < 0,074 mm entre 2 e 3%.

Quadro 5.1 – Parâmetros geotécnicos obtidos através da realização de ensaios laboratoriais.

Formação Geológica	Classificações		Granulometria			Teor em água Wn (%)	Limites de Atterberg		Densidade aparente ρ (g/cm^3)	Coesão c kPa	Ângulo de atrito interno φ (°)	Resistência ao corte não consolidado não drenado qu kPa	Módulo de Elasticidade E kPa	Permeabilidade k (m/s)	Densidade das partículas G
	Unificada	Rodoviária	massa passada (%)				WL (%)	IP							
			<2,0 mm	<0,42mm	<0,074mm										
Aterros (At) e Aluviões (a)	SP	A-3(0)	53 - 94	39 - 64	2 - 25	5 - 11,8	Não Plástica - 44	Não Plástica - 21	-	-	-	-	-	-	-
	SP	A-3(0)													
	GCs	A-2-7(1)													
Argilas de Prazeres (MPr)	SC	A-7-6(5)	75 - 99	60 - 98	41 - 97	14,1 - 25,9	39 - 52	23 - 29	1,78	18 - 90	21 - 45	-	-	1,6x10-5	2,74 - 2,78
	CH	A-7-6(18)												-	
	CL	A-6(13)												-	
	CH	A-7-6(17)												-	
	CLs	A-7-6(16)												3,9x10-5	
Complexo de Benfica (φBf)	sCH	A-7-6(11)	83	72	53	17,4	53	26	1,82	22 - 25	6 - 60	192	2643	-	-

No Caso de Estudo II, que se refere à reabilitação de um edifício com três caves, foram realizadas duas sondagens sem recuperação de testemunho, com diâmetro externo de 150 mm, atingindo um total de 21,13 metros de comprimento perfurado, nas quais se realizaram 14 ensaios SPT. Neste caso de estudo foram colhidas três amostras intactas, uma com o objetivo de caracterizar o aterro, e duas amostras em substrato geológico, uma para cada formação intersectada durante as sondagens.

A amostra colhida no aterro foi classificada como seixo de calibre variável, envolto em matriz areno-silto-argilosa, pertencente à classe GCs da classificação unificada de solos e do grupo A-2-7(1) da Classificação Rodoviária AASHTO. O teor em água obtido é de 11,9%, apresentando W_L e I_P de 44 e 21%, respetivamente. A análise granulométrica desta amostra revelou que a percentagem em massa passada no peneiro $< 2,0$ mm é de 53%, no peneiro $< 0,42$ mm de 39% e no peneiro $< 0,074$ mm de 25%.

A amostra colhida na formação “Argilas de Prazeres (M_{Pr})” foi classificada como argila silto-arenosa pertencente à classe SC da classificação unificada de solos e do grupo A-7-6(5) da Classificação Rodoviária AASHTO. O teor em água é de 14,1%, apresentando W_L e I_P de 44 e 23%, respetivamente. A análise granulométrica desta amostra revelou que a percentagem em massa passada no peneiro $< 2,0$ mm é de 75%, no peneiro $< 0,42$ mm de 60% e no peneiro $< 0,074$ mm de 41%. Nesta amostra efetuou-se também a determinação da densidade aparente, onde se obteve o valor de $1,78 \text{ g/cm}^3$ final, assim como um ensaio triaxial e um de corte direto, onde se utilizaram os valores para σ_3 e σ_1 de 80 kPa e 354 kPa, respetivamente, através do ensaio triaxial, obtendo o par de valores para a coesão efetiva e ângulo de atrito interno efetivo de 18 kPa e 41° , respetivamente.

A amostra colhida na formação “Complexo de Benfica (ϕB_f)” foi classificada como argila silto-arenosa pertencente à classe CH da classificação unificada de solos e do grupo A-7-6(1) da Classificação Rodoviária AASHTO. O teor em água obtido é de 17,4%, apresentando W_L e I_P de 53 e 26%, respetivamente. A análise granulométrica desta amostra revelou que a percentagem em massa passada no peneiro $< 2,0$ mm é de 83%, no peneiro $< 0,42$ mm de 72% e no peneiro $< 0,074$ mm de 53%. Nesta amostra efetuou-se também a determinação da densidade aparente, tendo-se obtido o valor final de $1,82 \text{ g/cm}^3$, assim como um ensaio de resistência à compressão não confinada, onde se obtiveram os valores de q_u , resistência não confinada de 192 kPa e E , módulo de elasticidade, de 2643 kPa.

No Caso de Estudo III, relativa à construção de estrutura de estacionamento, foram realizadas quatro sondagens sem recuperação de testemunho, com diâmetro externo de 150 mm, atingindo um total de 65,5 metros de comprimento perfurado, nas quais se realizaram 43 ensaios SPT. Neste caso de estudo foram colhidas quatro amostras intactas, todas pertencentes à formação “Argilas dos Prazeres (M_{Pr})”.

As amostras colhidas na formação “Argilas de Prazeres (M_{Pr})” foram classificadas como argilas siltosas, levemente arenosas de S2 a S4, duas pertencentes às classes CH, e as restantes às classes CL e CLs da classificação unificada de solos e dos grupos A-7-6(18), A-6(13), A-7-6(17) e A-7-6(16) da Classificação Rodoviária AASHTO. O teor em água obtido varia entre 16,6 e 25,9%, apresentando W_L e I_P variável entre 52 e 39% e entre 23 e 24%, respetivamente. Neste estudo, realizaram-se dois ensaios de permeabilidade, onde se obtiveram valores de $3,9 \times 10^{-5}$ e $1,6 \times 10^{-5}$ m/s para o coeficiente de permeabilidade, k .

As análises granulométricas revelaram que as percentagens em massa passadas no peneiro $< 2,0$ mm variam entre 99 e 96%, no peneiro $< 0,42$ mm variam entre 98 e 90% e no peneiro $< 0,074$ mm variam

entre 75 e 97%. Decorrente das mesmas amostras obtiveram-se valores para a densidade de partículas, G , variável entre 2,78 e 2,74. A realização de dois ensaios de corte direto não drenado obtiveram os pares de resultados de 90 e 98 kPa para o valor de coesão, e, 21 e 35° para o ângulo de atrito interno.

O Quadro 5.2 e Quadro 5.3 comparam os parâmetros obtidos nos ensaios laboratoriais com os dados bibliográficos recolhidos no Capítulo 3, para a formação “Argilas de Prazeres (M_{Pr})” e “Complexo de Benfica (ϕB_f)”, respetivamente.

Quadro 5.2 - Comparação de algumas propriedades índice obtidas na formação "Argilas de Prazeres".

Parâmetro	Moitinho de Almeida (1991)			Vasconcelos (2011)	Casos de Estudo II e III		
	Min	Méd	Máx		Min	Méd	Máx
W_L	18	40.7	71.5	-	39	45.5	52
I_P	1	19.3	46.3	-	23	26	29
C (kPa)	10	41.6	64	14	18	54	90
ϕ (°)	24	32.4	46	25	21	33	45

Quadro 5.3 Comparação de algumas propriedades índice obtidas na formação "Complexo de Benfica".

Parâmetro	Moitinho de Almeida (1991)			Vasconcelos (2011)	Coelho (1991)	Casos de Estudo II		
	Min	Méd	Máx			Min	Méd	Máx
W_L	32	56.5	137	-	-	53		
I_P	9	27.4	77.5	-	-	26		
C (kPa)	-			6	60	22	23.5	25
ϕ (°)	-			22	25	6	33	60

Comparativamente aos dados bibliográficos recolhidos no Capítulo 3, verifica-se que os valores obtidos nos Casos de Estudo II e II, relativamente à formação “Argilas de Prazeres”, tanto para o W_L como para o I_P se encontram entre os extremos de resultados, sendo que o W_L obtido é inferior à média bibliográfica e o I_P superior à média bibliográfica. Comparativamente aos parâmetros de resistência, verifica-se que os valores obtidos para a coesão efetiva e o ângulo de atrito efetivo encontram-se inseridos nos intervalos de extremos apresentados, sendo que a coesão obtida é superior à média bibliográfica e o ângulo de atrito interno é superior à média.

No caso da amostra colhida na formação “Complexo de Benfica”, verifica-se que os valores obtidos tanto para o W_L como para o I_P se encontram entre os extremos de resultados, sendo que o W_L obtido é inferior à média bibliográfica, assim como o I_P . Comparativamente aos vários parâmetros geotécnicos, verifica-se que o valor obtido para a coesão apresenta um valor médio superior ao obtido por Vasconcelos (2011) e inferior ao obtido por Coelho (1991). Referentemente ao ângulo de atrito obtido, apresenta sempre um valor médio superior quando comparado com os dados bibliográficos.

6. Bibliografia

AFONSO, A. (2016) – Correlações entre Resultados de Ensaios *in situ* de Penetração Dinâmica DP com o Ensaio Standard Penetration Test, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Construção. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão.

ALMEIDA, I., M., B., M., (1991) – Características Geotécnicas dos Solos de Lisboa. Dissertação Apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor em Geologia. Especialidade de Geotecnia. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

AMERATUNGA, J., SIVAKUGAN, N., DAS, B. (2016) – Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering. Springer India

ANTUNES, M. Telles (1979) – Néogene. In: RIBEIRO et al – Introduction à la géologie générale du Portugal. Serv. Geol. Portugal, Lisboa.

ASTM D 2487-00 (2000) – Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).

BEGEMANN, H., K., S., (1974) – General report for central and western Europe. In: Proceedings, European symposium on penetration testing. Stockholm.

BS 1377-7:1990 (1990) – Methods of tests for soils for civil engineering purposes. Shear strength tests (total stress). British Standard Institute.

BS 1377-8:1990 (1990) – Methods of tests for soils for civil engineering purposes. Shear strength tests (effective stress). British Standard Institute.

BURMISTER, D., M., (1949) – Principles and techniques of soil identification. In: Proceedings of annual highway research board meeting. National Research Council. Washington.

CACILHAS, F., (2015) – Estudos de investigação geológica no projeto de barragens de aterro e análise de risco de projeto. Estudo de caso – Barragem de Moamba-Major. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

CAVALCANTE, E. H. (2002) – Investigação teórico-experimental sobre o SPT. Tese de Doutorado. Universidade do Rio de Janeiro, Brasil.

CHOFFAT, P. (1950) – Géologie du Cénozoïque du Portugal (publ. Posthume). Com. Serv. Geol. Portugal, tomo XXX.

COELHO, Silvério A. (1996) Tecnologia de Fundações. Escola Profissional Gustave Eiffel.

COSTA, J. C., TEIXEIRA, C. (1957) – Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:50 000 Notícia Explicativa da Folha 09-C Porto. Serviços Geológicos Portugal, Lisboa.

COSTA, J. C., TEIXEIRA, C., MEDEIROS, A. C., (1957) – Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:50 000 Folha 09-C Porto. Serviços Geológicos Portugal, Lisboa.

DEC.LEI nº2 235/83 de 31 de maio (1983) – Regulamento de segurança e acções para estruturas de edifícios e pontes. Imprensa Nacional – Casa da Moeda. Lisboa.

DEERE D. U. (1989) – Rock Quality Designation (RQD) After Twenty Years. U.S. Army Corps of Engineers Contract Report GL-89-1. Waterways Experiment Station, Vicksburg, USA

DEMELLO, V., F., B., (1971) – Standard penetration test. In: Proceedings, 4th Panamerican conference on soil mechanics and foundation engineering, San Juan, Puerto Rico.

DU PLESSIS, L., PAIGE-GREEN, P., (2009) – The use and interpretations of the dynamic cone penetrometer (DCP) test.

FERRENT, T., A., (1963) – The prediction of field verification of settlement on cohesionless soils. In: Proceedings, 4th Australia-New Zealand conference on soil mechanics and foundation engineering.

EN ISO 17892-2 (2014) – Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 2: Determination of bulk density.

EN ISO 22476-2:2005 (2005) - Geotechnical investigation and testing. Field testing. Dynamic Probing

EN ISO 22476-3:2005 (2005) - Geotechnical investigation and testing. Field testing. Standard penetration test.

EN ISO 2282-2:2012 (2012) – Geotechnical investigation and testing – Geohydraulic testing – Part 2: Water permeability tests in a borehole using open systems.

FONSECA, A. (1988) – Caracterização geotécnica de um solo residual da região do Porto. Dissertação apresentada à Universidade do Porto para obtenção do grau de mestre em estruturas de Engenharia civil. Departamento de Estruturas da Faculdade de Engenharia do Porto.

GEOCONTROLE (2019) – Relatórios confidenciais.

GIBBS, H., J., HOLTZ, W., G., (1957) – Research on determining the density of sand by spoon penetration testing. In: Proceedings, 4th international conference on soil mechanics and foundation engineering, London, I.

GIBBS, H., J., HOLTZ, W., G., (1979) – Discussion of “SPT and relative density in coarse sand”. J Geotech Eng Div ASCE 105(3):439-441.

HATANAKA, M., UCHIDA, A., (1996) – Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance and internal friction angle of sandy soils. Soils Found 36(4):1-10.

ISRM – International Society For Rock Mechanics (1980) – Basic Geotechnical Description of Rock Masses. Commission on Classification of Rocks and Rock Masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Anstr. Vol.18.85 to 1.

KULHAWY, F., H., MAYNE, P., W., (1990) – Manual on estimating soil properties for foundation design. Electric Power Research Institute. Palo Alto.

LIAO, S., S., C., WHITMAN, R., V., (1986) – Overburden correction factors for SPT in sand. J Geotech Eng ASCE 112(3):373-377.

LNEC (1966) – Especificação E 196: Solos. Análise granulométrica.

LNEC (1970) – Especificação E 239: Solos. Análise granulométrica por peneiração.húmida.

LNEC (1970) – Especificação E 240: Solos. Classificação para fins rodoviários.

MAYNE, P., CHRISTOPHER, B., DEJONG, J. (2002) – Subsurface Investigation – Geotechnical Site Characterization. Reference Manual. National Highway Institute. Department of Transportation Federal Highway Administration.

MEYERHOF, G., G., (1957) – Discussion on research on determining the density of sand by spoon penetration testing. In: Proceedings, 4th international conference on soil mechanics and foundation engineering, London.

MEYERHOF, G., G., (1959) – Compaction of sands and the bearing capacity of foundations. Can Geotech J1:16-26

NF P94-068 (1998) – Soils: Investigation and testing. Measuring of the methylene blue adsorption capacity of a rocky soil. Determination of the methylene blue of a soil by means of the stain test. – Sols: reconnaissance et essais. AFNOR.

NP84 (1965) – Solos: Determinação do teor em água.

NP143 (1969) – Solos: Determinação dos limites de consistência.

NP EN 1998-1:2010 (2010) – Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos; Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios.

PAIS, J., MONIZ, C., CABRAL, J., CARDOSO, J., L., LEGOINHA, P., MACHADO, S., MORAIS, M., A., LOURENÇO, C., RIBEIRO, M., L., HENRIQUES, P., e FALÉ, P., (2006) – Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50000. Serviços Geológicos Portugal, Lisboa.

RODRIGUES, D., I., C., (2016) – Caracterização geotécnica (ensaio do penetrómetro dinâmico médio) em pormenor do campus do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente. Departamento de Engenharia Geotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

SALGADO, R., (2008) – The engineering of foundations. McGraw-Hill. New York.

SKEMPTON, A., W., (1986) – Standard penetration test procedures and the effect in sands of overburden pressure, relative density, particle size, aging and overconsolidation. *Geotechnique* 36(3):425-447.

STROUT, M., A., (1975) – The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks. In: *Proceedings, European symposium on penetration testing* 2.

SZECHY, K., VARGA, L., (1978) – Foundation engineering – soil exploration and spread foundation. Akademiai Kiado. Hungary.

TERZAGHI, K., PECK, R., B., (1967) – Soil mechanics in engineering practice, 2nd edn. Wiley, New York.

VALLEJO, L. I. Gonzalez de; FERRER, M.; ORTUNO, L.; OTEO, C. (2004) – Ingenieria Geologica. Prentice Hall.

VASCONCELOS, M. A. D. F. (2011) – Cartografia de Susceptibilidade à Ocorrência de Movimentos de Vertente em Contexto Urbano: O Concelho de Lisboa, para a obtenção do grau de Mestre em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do Território. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

VEIGA., A., N., (2011) – Caracterização Geotécnica dos Terrenos do Vale Tifónico Parceiros-Leiria. Tese de Doutoramento. Universidade de Coimbra.

VIANA DA FONSECA, A., J., P., (1996) – Geomecânica dos solos residuais do granito do porto. Critérios para dimensionamento de fundações diretas. Dissertação para a obtenção do grau de doutor em engenharia civil na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

WEBB, D., L., (1969) – Settlement of structures on deep alluvial sandy sediments in Durban, South Africa. IN: *Proceedings, conference on the in situ behavior of soils and rocks*. Institution of Civil Engineering. London.

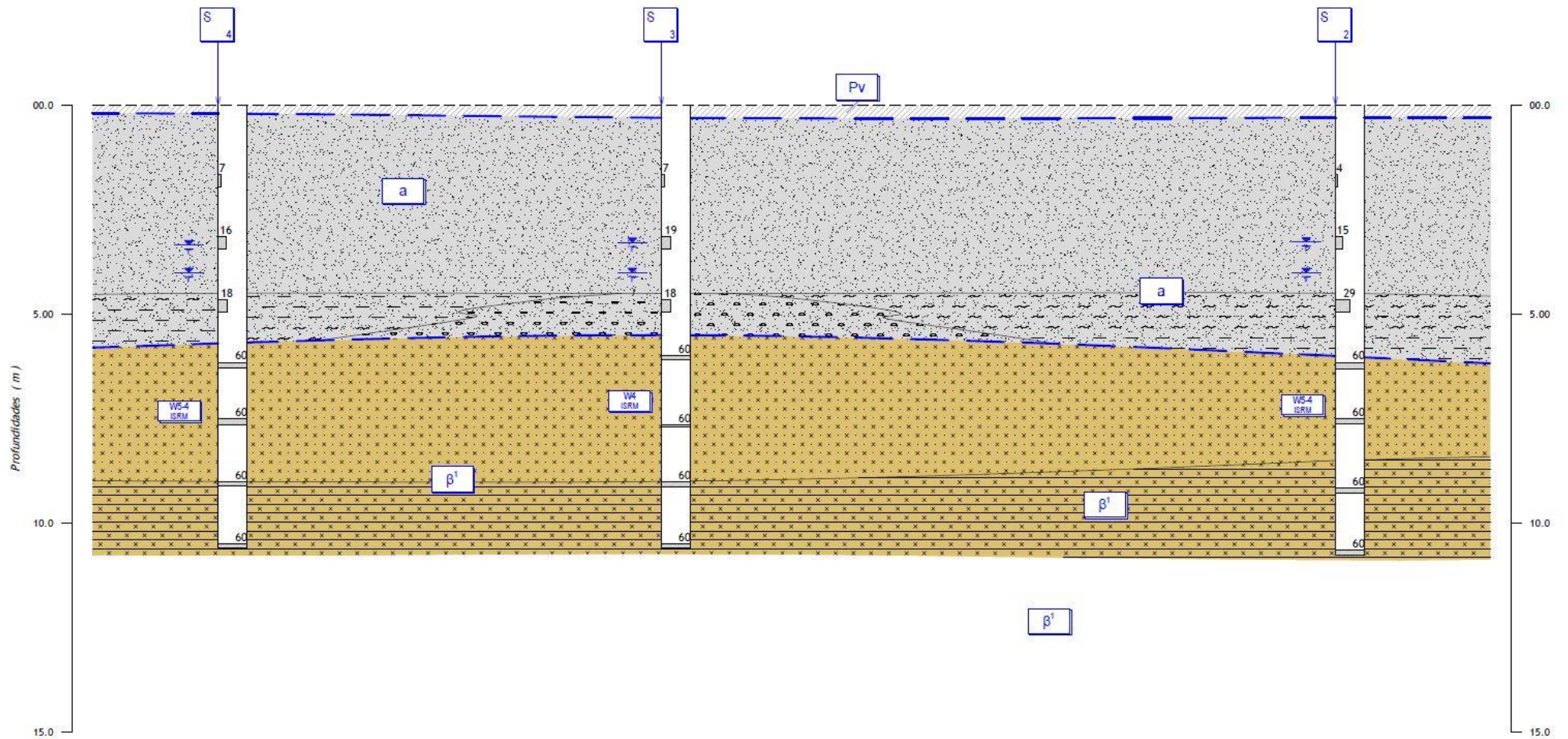
ZBYSZEWSKI, G. (1947) – Panorama sur la Géologie de la ville de Lisbonne. *Bol. Soc. Geografia Lisboa*, 65 série, n.º 9-10.

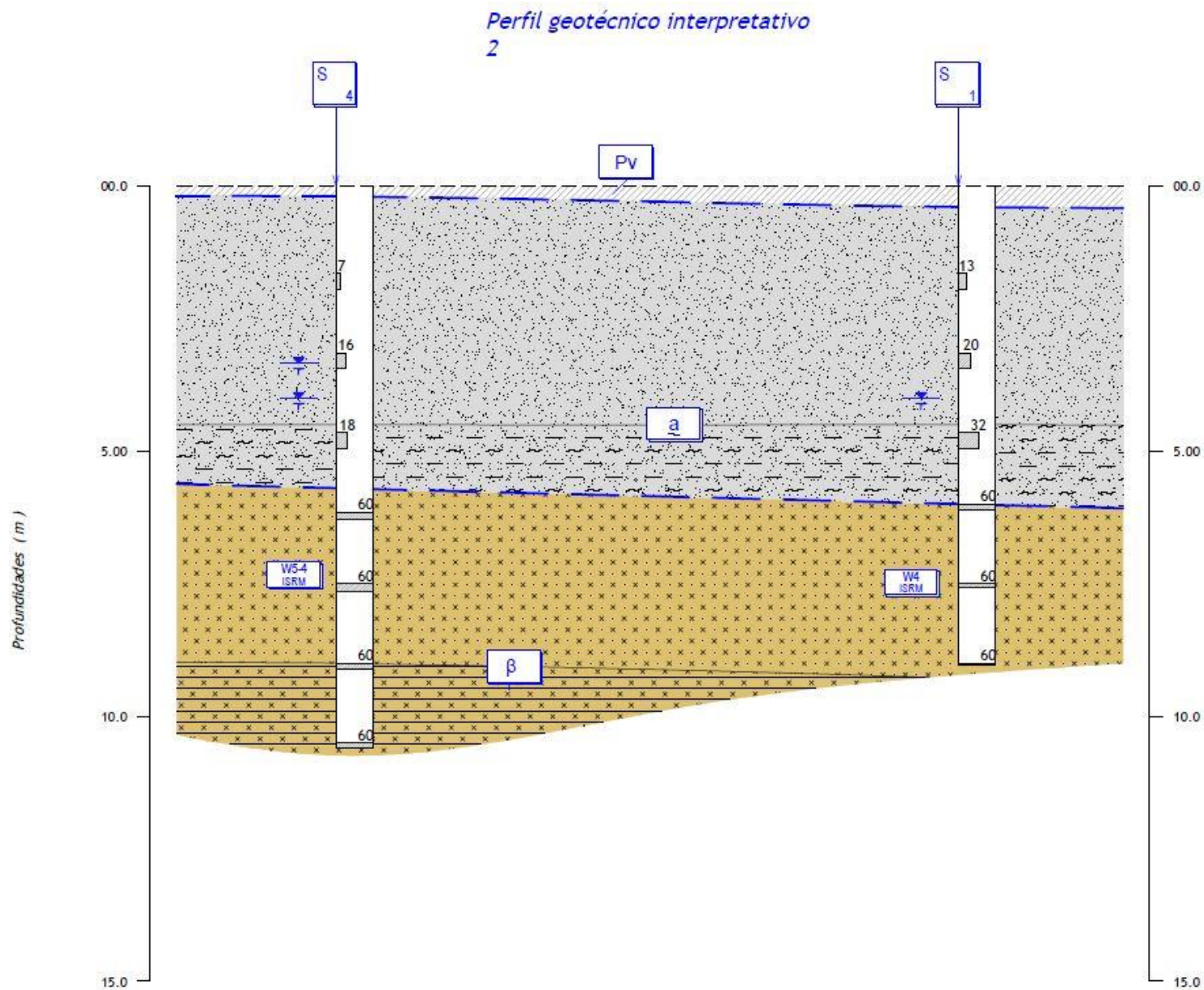
ZBYSZEWSKI, G. (1963) – Notícia explicativa da folha 4 (Lisboa) da Carta Geológica dos arredores de Lisboa na escala 1:50 000. Serv. Geol. Portugal.

7. Anexos

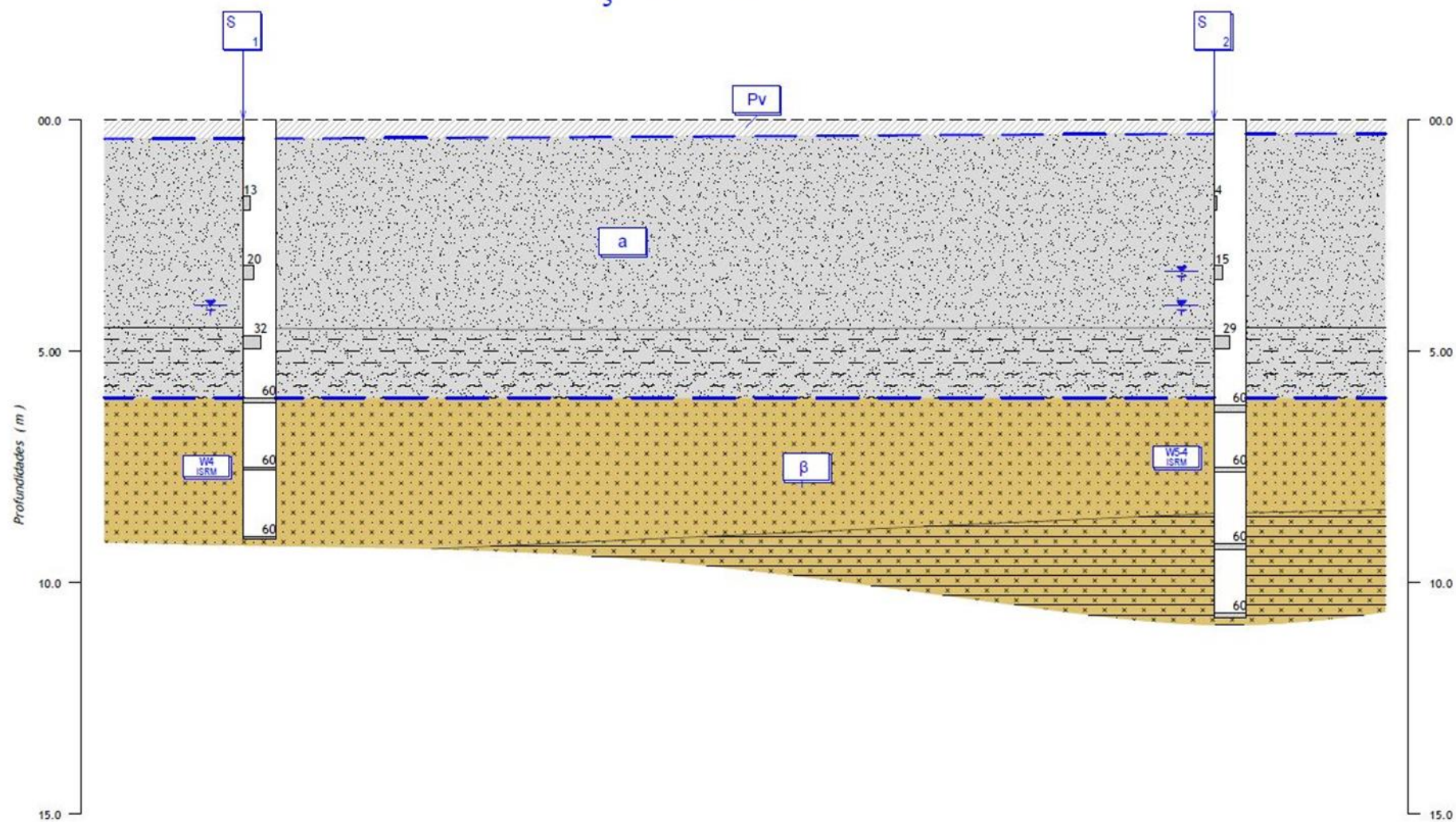
7.1. Anexo A-I

Perfil geotécnico interpretativo 1

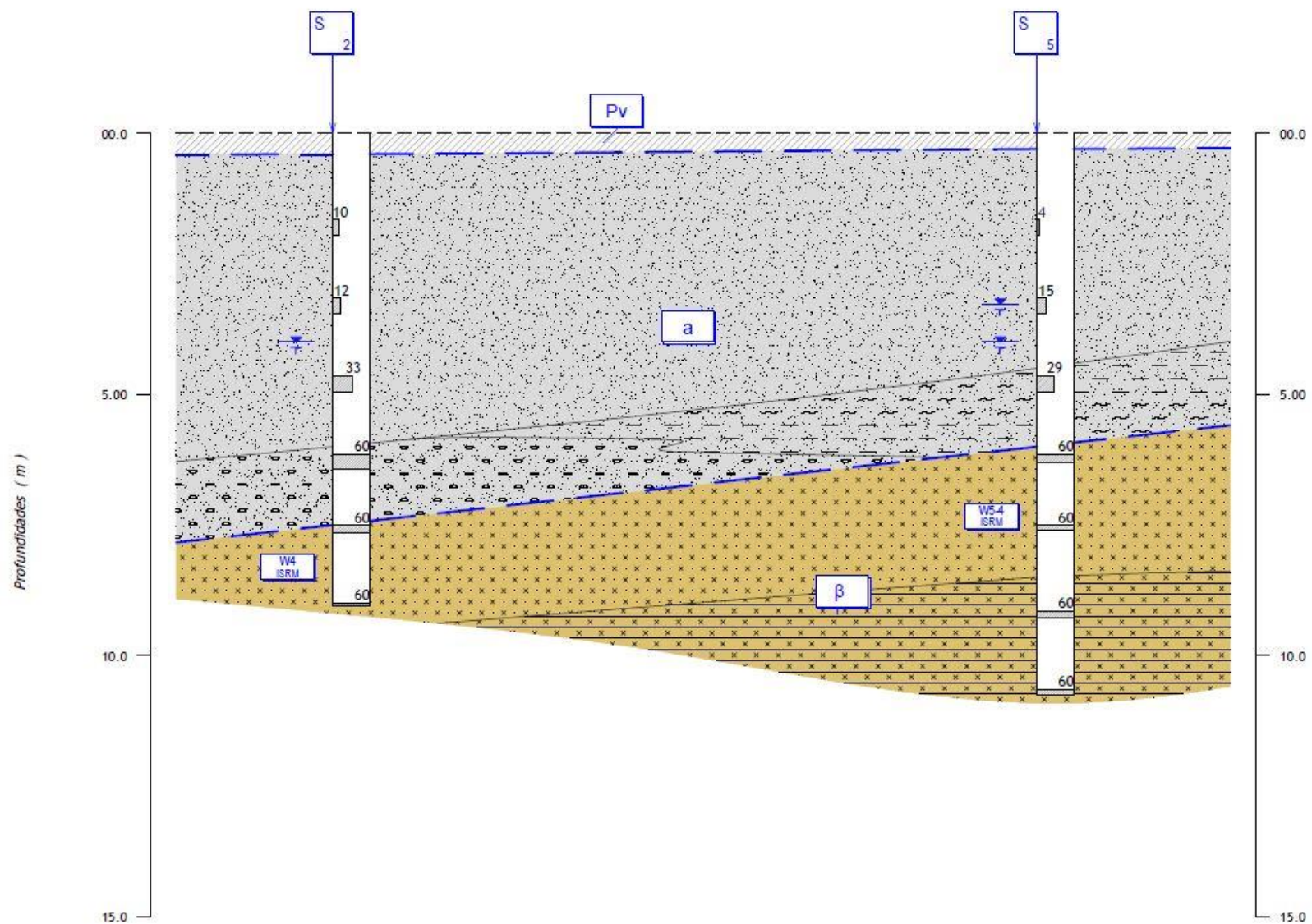




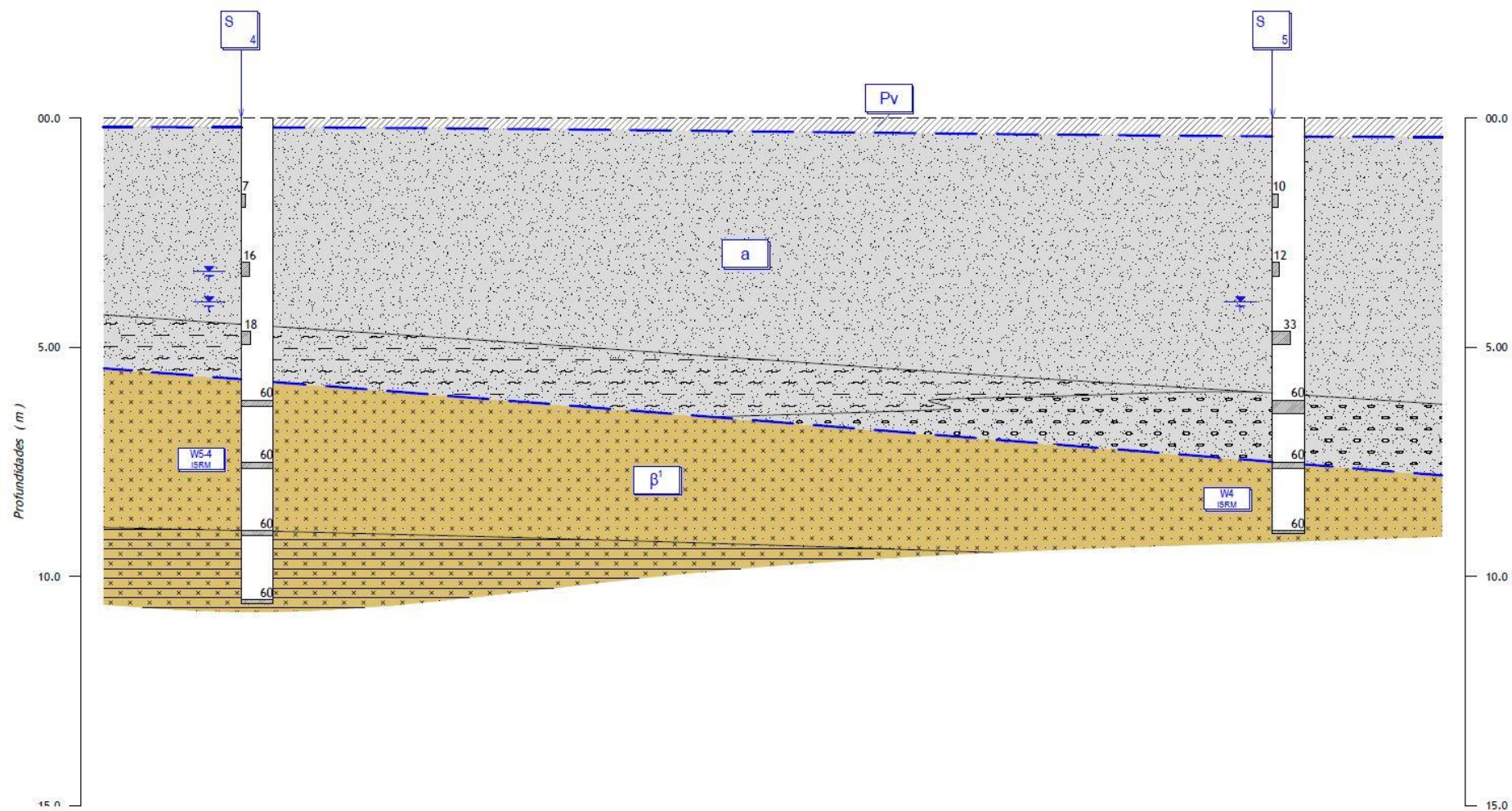
Perfil geotécnico interpretativo
3

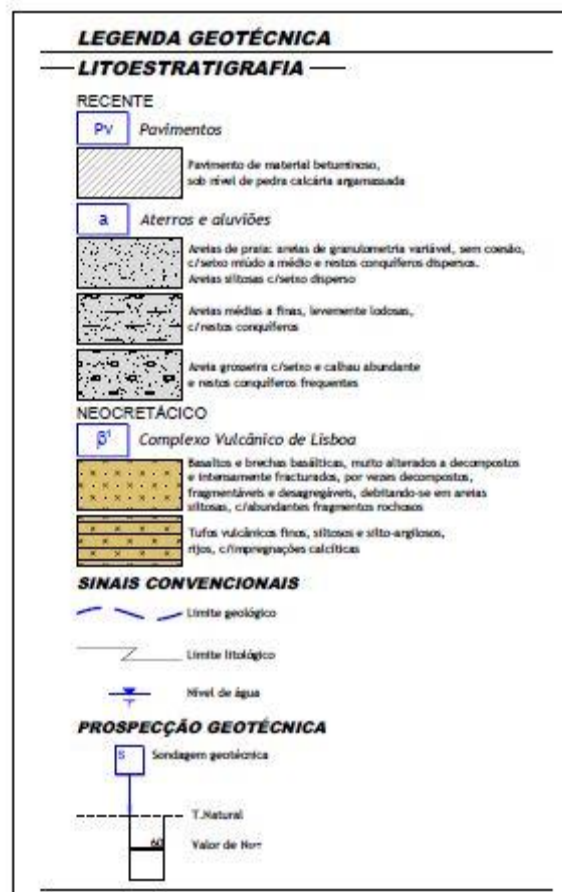


Perfil geotécnico interpretativo 4









Perfil geotécnico interpretativo 5






7.2. Anexo A-II

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM		
Data de Início: _____ Equipamento: _____ Prof. Final (m): 9.04			Entidade: _____ Obra: _____							S1		
										Processo		
Data de Fim: _____ Nível Freático: 4.00m Inclinação: 90°			Sistema: M= _____ Coordenadas: P= _____		Cota: Z= _____		Sondador: _____		Página			
									1 de 1			
										Técnico		
PROFUNDIDADE (m)	FURAÇÃO	MANOBRAS	ESTRATIGRAFIA	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	ALTERAÇÃO (SRM)	FRATURAÇÃO (SRM)	%REDUP.	%R.Q.D.	S.P.T.	ENSAIOS	PROFUNDIDADE (m)
0			P		Pavimento de material betuminoso sob nível de areia com seixo.							0
1					Areia de grão médio sem coesão, medianamente compacta, com seixo miúdo silicioso disperso, com pequenos restos coníferos dispersos; amarelada. (Areia de praia).					2	15	1
2											(30 cm)	
3			a		Idem, levemente silteosa; amarelada mais escura.					7	20	
4											(30 cm)	
5					Areia de grão fino a médio, levemente lódica, compacta, com seixo miúdo a médio disperso e restos coníferos; cinzento escura.					8	32	
6											(30 cm)	
7			B		Basalto e brechas basálticas; muito alterados e intensamente fracturados, resistentes, deitando-se em fragmentos rochosos de rocha original em matriz a reno-silteosa.							
8											(10 cm)	
9												
10					9.04m- Fim de Sondagem							

Observações:
Legenda: (f) - Amostra Intacta
Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2099-501 Sobredela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mli@geocontrole.pt Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa de Geocontrole. Mod:PS.CP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S2	
										Processo	
Data de Início		Equipamento	Prof. Final (m)						Página		
			10.76						1 de 1		
Data de Fim		Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas	Cota	Sondador	Técnico			
		4.00m ↑ 3.27m	90°		M= P=	Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C Ã O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A C Ã O (SRM)				F R A C T U R A C Ã O (SRM)				%R.Q.D.				S.P.T.				E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)	
						W1	W2	W3	W4	F1	F2	F3	F4	20	40	60	80	10	20	30	40			50
1.0				PV	Pavimento de material betuminoso sob nível de areia com seixo.																		1.0	
2.0					Areia de grão médio sem coesão, com seixo miúdo silicioso disperso, muito solta, com pequenos restos conchíferos ocasionais, amarelada (areia de praia).														2	4				2.0
3.0				a	Idem, medianamente compacta; amarelada mais escura.														6	15				3.0
4.0					Idem, medianamente compacta; amarelada mais escura.														8	28				4.0
5.0					Areia de grão fino a médio, levemente lodosa, medianamente compacta, com seixo médio disperso e restos conchíferos; cinzento escuro.														8	28				5.0
6.0					Basaltos e brechas basálticas, muito alterados e decompostos e intensamente fracturados, gresosos e gresos-argilosos, desagregáveis, muito compactos, com impregnações calcíticas, cinzento acastanhados e avermelhados.														38	60				6.0
7.0					Basaltos e brechas basálticas, muito alterados e decompostos e intensamente fracturados, gresosos e gresos-argilosos, desagregáveis, muito compactos, com impregnações calcíticas, cinzento acastanhados e avermelhados.														38	60				7.0
8.0					Basaltos e brechas basálticas, muito alterados e decompostos e intensamente fracturados, gresosos e gresos-argilosos, desagregáveis, muito compactos, com impregnações calcíticas, cinzento acastanhados e avermelhados.														38	60				8.0
9.0				B1	Tufos vulcânicos finos, siltosos e silto-argilosos, rijos, vermelhos "borra-de-vinho".														21	60				9.0
10.0					Tufos vulcânicos finos, siltosos e silto-argilosos, rijos, vermelhos "borra-de-vinho".														38	60				10.0
11.0					10.76m- Fim de Sondagem														38	60				11.0


Observações : Instalação de piezômetro com tubo PVC com Ø90mm.

Legenda : (1) - Amostra Intacta

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2090-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: melli@geocontrole.pt


Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod.P8.CP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S3	
Processo											
Página											
1 de 1											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)									
	Oxidril	10.59									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas	Cota	Sondador	Técnico				
	4.00m ↑ 3.28m	90°		M=	P=	Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C Ã O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A C Ã O (SRM)				F R A C T U R A C Ã O (SRM)				%R.E.Q.D.				S.P.T.				E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						W1	W2	W3	W4	F1	F2	F3	F4	20	40	60	80	10	20	30	40		
				P	Pavimento de material betuminoso.																		
1																							
2					Areia de grão médio sem coesão, solta, com seixo miúdo silicioso disperso, com pequenos restos coníferos ocasionais; amarelada. (Areia de praia).																		
3				a																			
4					Idem, medianamente compacta.																		
5					Areia de grão heterométrico, siltosa, com seixo médio disperso e restos coníferos; amarela acastanhada.																		
6					Basalto muito alterado e intensamente fracturado, muito resistente; deitando-se em fragmentos rochosos em matriz arenosa; cinzento escuro.																		
7																							
8				B	Idem, cinzento acastanhado.																		
9																							
10					Tufos vulcânicos finos, siltosos, e silto-argilosos, rijos, vermelhos "borra-de-vinho".																		
11					10.59m- Fim de Sondagem																		

Observações : Instalação de piezômetro com tubo PVC com Ø90mm.	
Legenda : (1) - Amostra Intacta	
Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2090-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mal@geocontrole.pt Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.	
Mod.P8.CP.13/1 - 2016-09-31	


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S4	
Processo											
Página 1 de 1											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)									
		10.6									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas		Cota	Sondador	Técnico			
	4.00m ↑ 3.34m	90°		M=	P=	Z=					





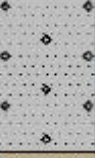
P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A Ç Ã O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç Ã O (SRM)				F R A C T U R A Ç Ã O (SRM)				% R.E.Q.D.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						W5	W4	W3	W2	P5	P4	P3	P2	30	40	60	80		
1					Pavimento de material betuminoso sob nível de areia com seixo.														1
2					Areia de grão médio sem coesão, com seixo miúdo silicioso disperso, solta, com pequenos restos conquíferos ocasionais, amarelada (areia de praia).												3	7	2
3																	6	16	3
4					Idem, medianamente compacta; amarelada mais escura.												6	16	4
5					Areia de grão fino a médio, levemente lodosa, medianamente compacta, com seixo miúdo a médio disperso e restos conquíferos; cinzento escuro.												6	8	5
6																	12	80	6
7					Basaltos e brechas basálticas, muito alterados a decompostos e intensamente fracturados, gresosos e greso-argilosos, desagregáveis, muito compactos, com abundantes impregnações calcíticas, cinzento acastanhados e avermelhados.													80	7
8																		80	8
9																		80	9
10					Tufos vulcânicos finos, siltosos e silto-argilosos, rijos, com impregnações calcíticas; vermelhos "borra-de-vinho".													80	10
11					10.6m- Fim de Sondagem													80	11

Observações : Instalação de piezômetro com tubo PVC com Ø90mm.


Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2699-501 Sobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963025577 E-mail: mli@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

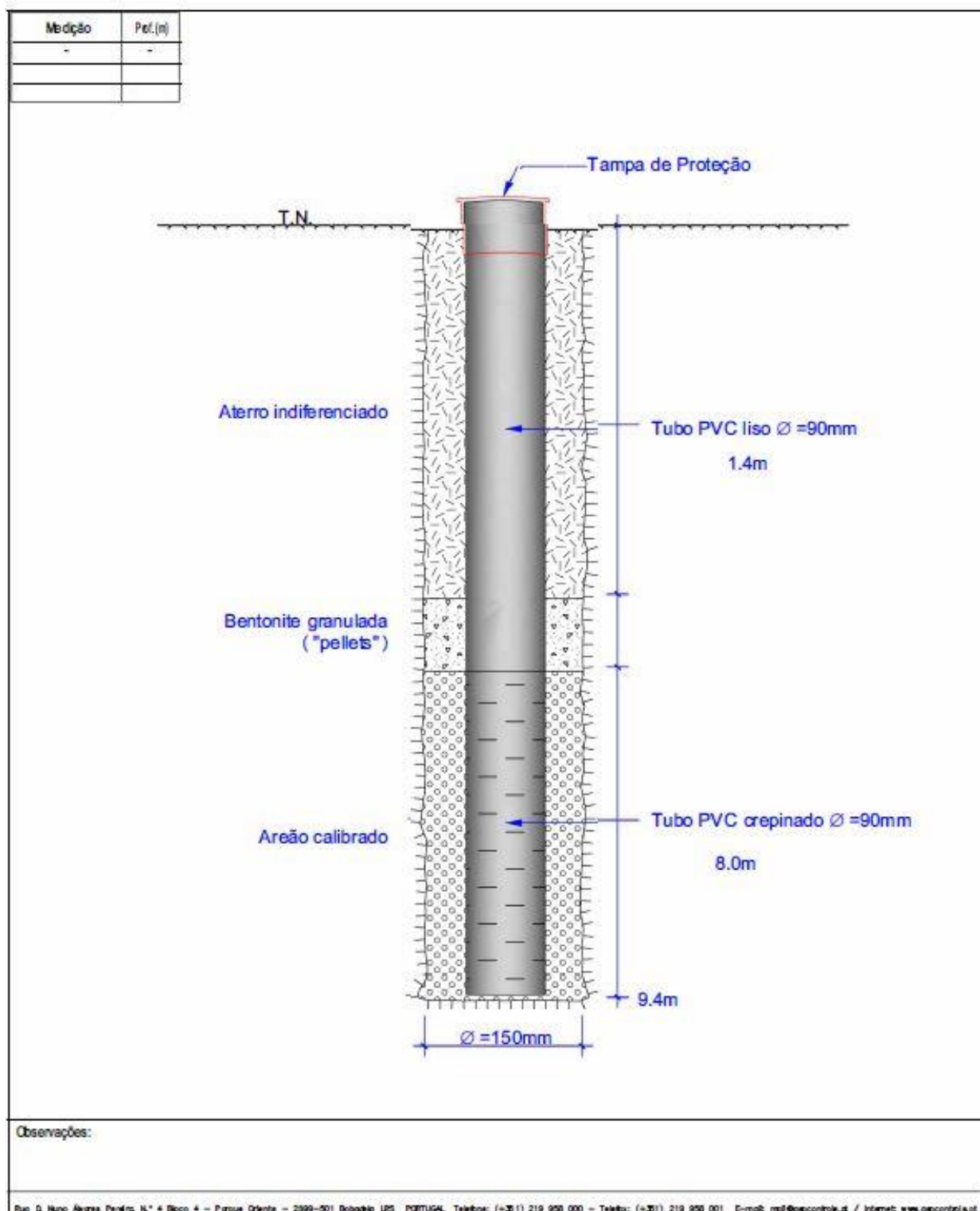
Mod. PG-CP-13/1 - 2016-05-31



			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA						SONDAGEM	
			Entidade : Obra :						S5	
									Processo	
Data de Início		Equipamento		Prof. Final (m)				Página		
				9.06				1 de 1		
Data de Fim		Nível Freático		Inclinação		Sistema		Coordenadas		
		4.00m		90°		M=		P=		
						Z=		Sondador		
								Técnico		

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A Ç Ã O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç Ã O (SRM)				F R A C T U R A Ç Ã O (SRM)				% R.E.D.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						M5	M4	M3	M2	F5	F4	F3	F2	20	40	60	80		
1			A		Altero arenoso de grão heterométrico, com clastos rochosos e restos de pavimento betuminoso.														1
2					Areia de grão médio sem coesão, com seixo muito silicioso disperso, solta, com pequenos restos coníferos ocasionais; amarelada. (Areia de praia).														2
3					Idem, siltosa, compacta; amarelada escura.														3
4					Areia grossa, com seixo e calhaus abundantes, muito compacta, associando restos coníferos frequentes; cinzenta escura.														4
5					Basalto, muito alterado e intensamente fraturado, muito resistente, deitando-se em fragmentos rochosos em matriz arenosa; cinzento escuro.														5
6																			6
7																			7
8																			8
9																			9
10					9.06m- Fim de Sondagem														10

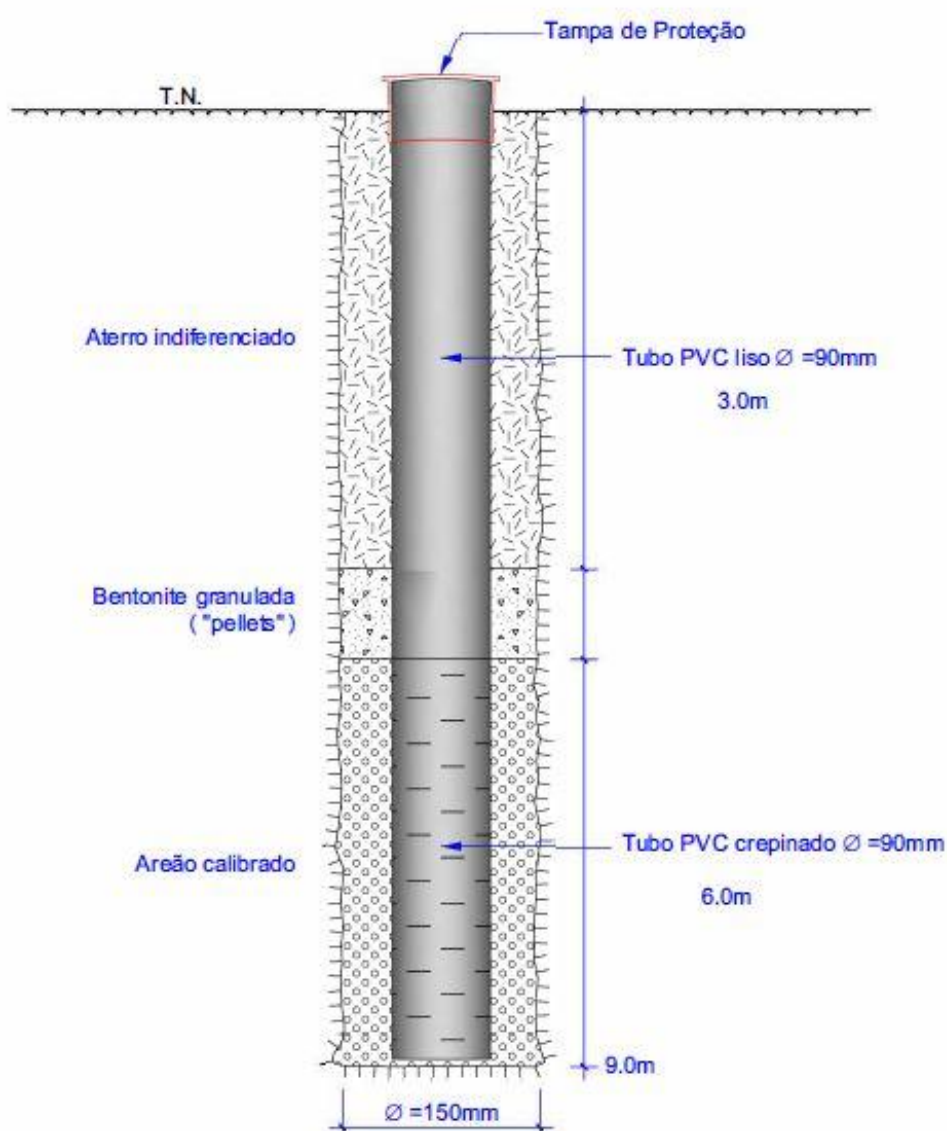
Observações :
Legenda : (1) - Amostra Intacta
Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2500-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mli@geocontrole.pt Sem perigo o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÓMETRO
			Entidade:			PZ-S2
Obra:			PROCESSO			
Data Inicial	Equipamento	Prof. Final (m)				Página
		9.4				1 de 1
Data Final		Desenhador	Inclinação	Coordenadas	Cota	Técnico
			90°	M= - P= -	Z= -	



			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÓMETRO	
			Entidade:  Obra:			PZ-S3 PROCESSO Página 1 de 1 Técnico	
Data Inicial	Equipamento	Prof. Final (m)	Inclinação	Coordenadas		Cota	
Data Final		Desenhador		M = -	P = -	Z = -	

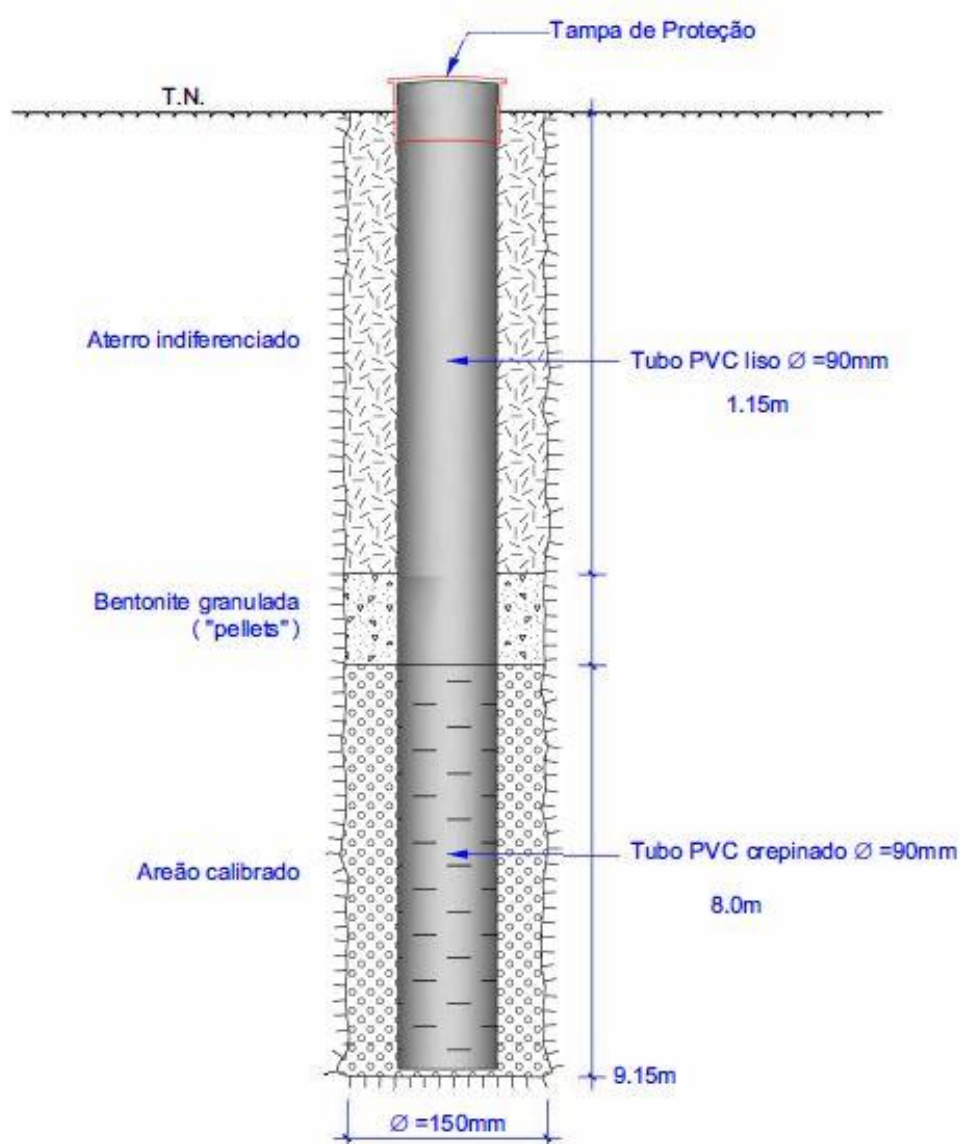
Medição	Prof. (m)
-	-



Observações:

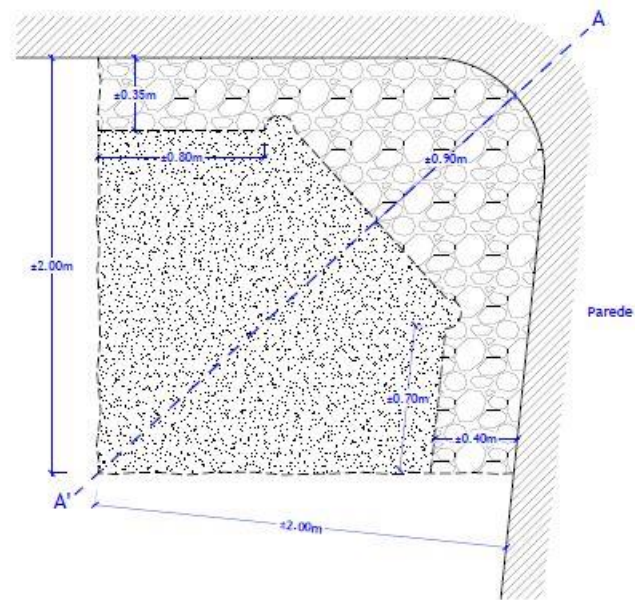
			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÓMETRO
			Entidade:			PZ-S4
Obra:			PROCESSO			
Data Inicial	Equipamento	Prof. Final (m)	Inclinação			Página
		9.15				1 de 1
Data Final		Desenhador	Coordenadas		Cota	Técnico
			M= - P= -		Z= -	

Medição	Prof. (m)
-	-

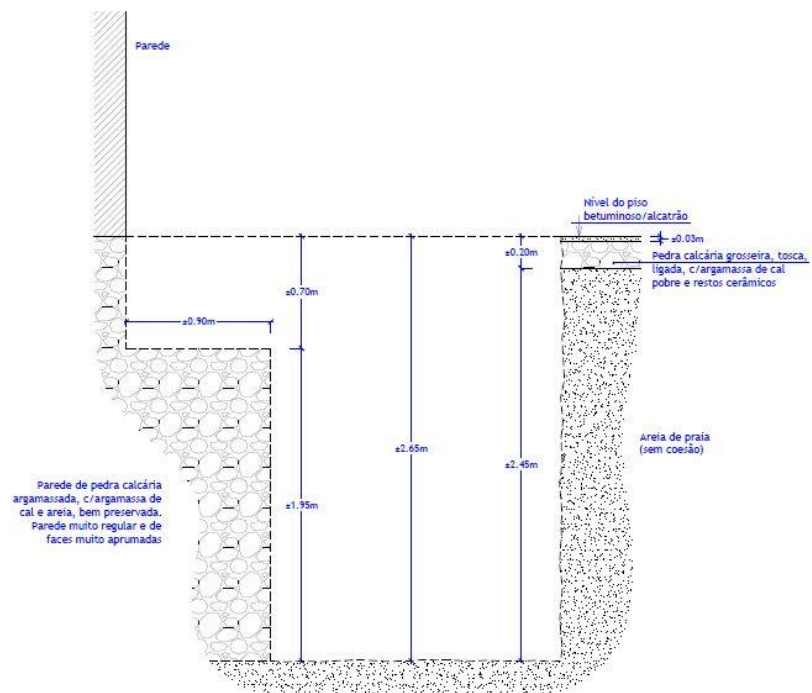


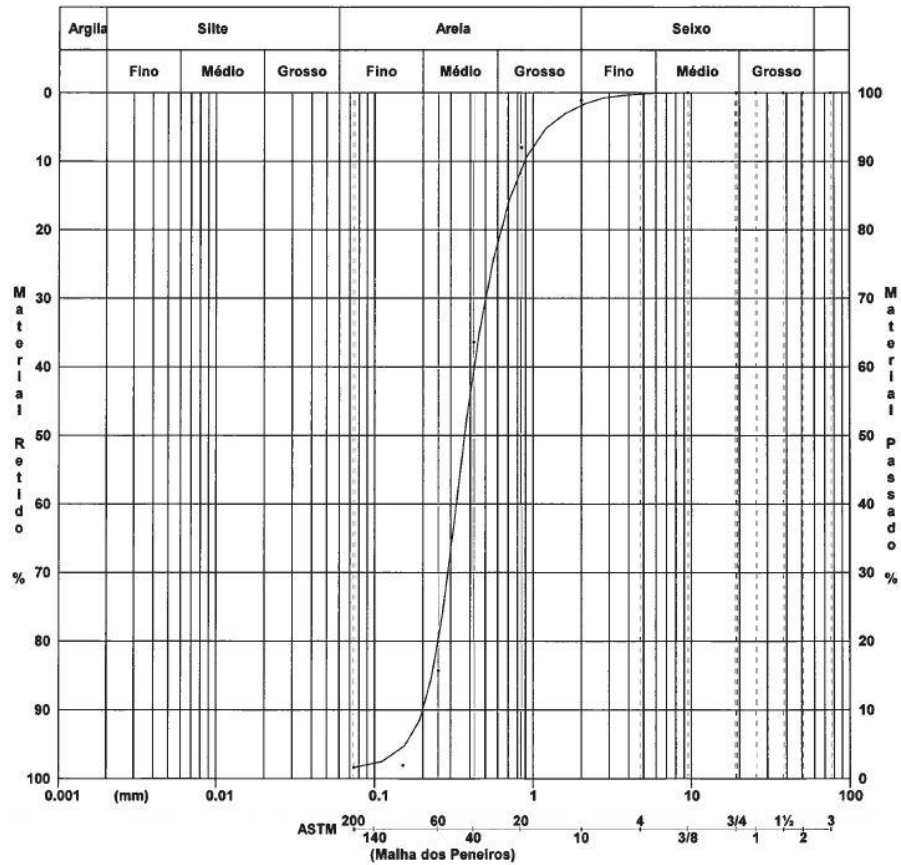
Observações:

Planta esquemática do poço de inspecção de fundações PF1

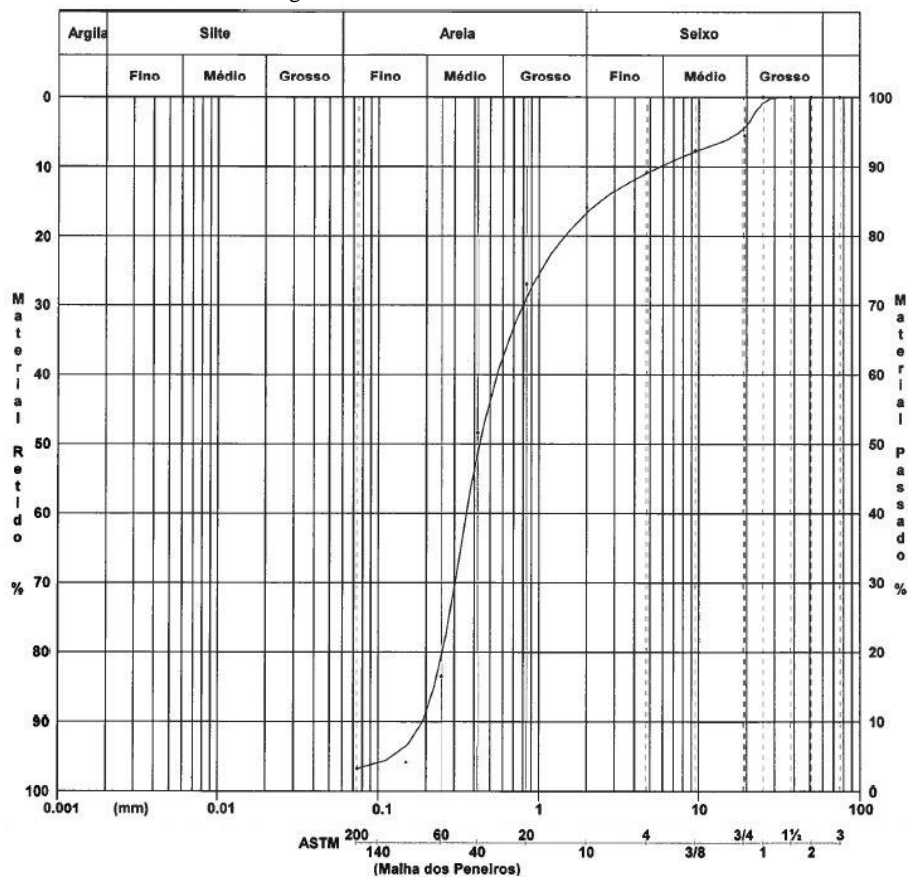


Perfil esquemático A-A'




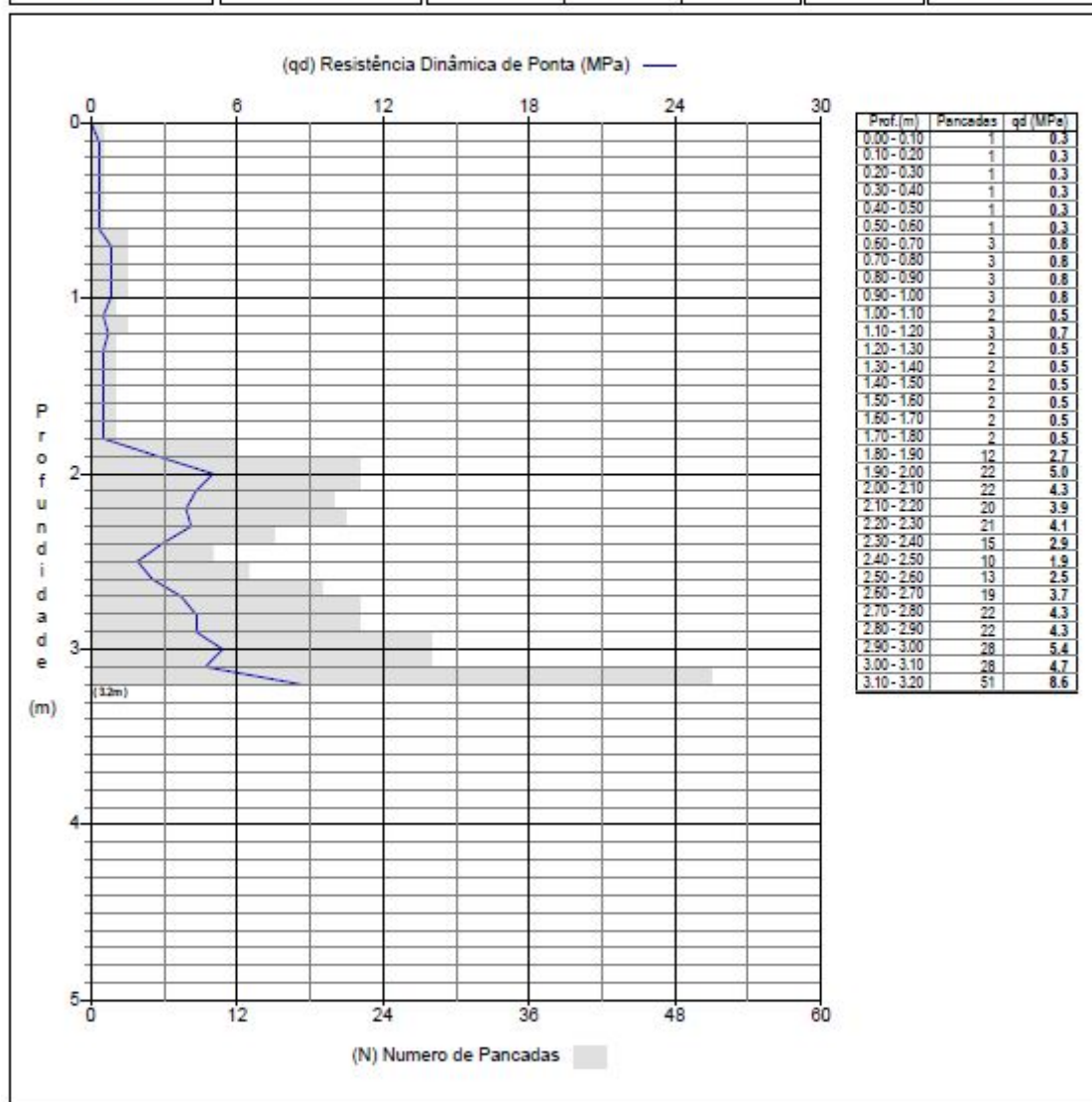


Curva granulométrica da amostra colhida em S1.




Curva granulométrica da amostra colhida em S2.

		PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PDL
		Entidade :			PF1
		Obra :			Processo
					Página 1 de 1
Ensaio de Penetração Dinâmica		Sistema	Coordenadas	Cota	Técnico
Data de Início	Data de Fim	M=	P=	Z=	

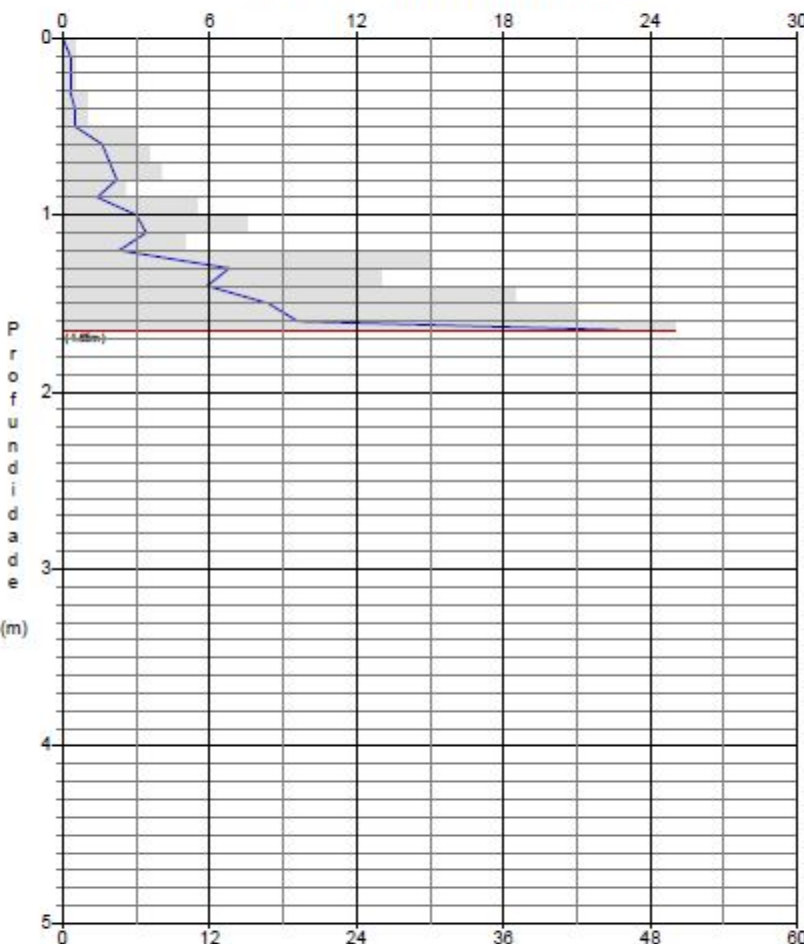


Características			
Diâmetro da Ponteira	36.0 mm	Peso do Batente	4.400 Kg
Diâmetro das Varas	25 mm	Peso de Cada Vara	3.790 Kg
		Peso do Pilão	10.000 Kg
		Altura da Queda	50 cm

Observações : Cota do ensaio PF1 a -1.20m de profundidade.

		PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PDL
		Entidade : Óbra :			PF2
Ensaio de Penetração Dinâmica					Processo
					Página 1 de 1
Data de Início	Data de Fim	Sistema	Coordenadas	Cota	Técnico
		M=	P=	Z=	

(qd) Resistência Dinâmica de Ponta (MPa) —



(N) Numero de Pancadas

Prof. (m)	Pancadas	qd (MPa)
0.00 - 0.10	1	0.3
0.10 - 0.20	1	0.3
0.20 - 0.30	1	0.3
0.30 - 0.40	2	0.5
0.40 - 0.50	2	0.5
0.50 - 0.60	6	1.6
0.60 - 0.70	7	1.9
0.70 - 0.80	8	2.2
0.80 - 0.90	5	1.4
0.90 - 1.00	11	3.0
1.00 - 1.10	15	3.4
1.10 - 1.20	10	2.3
1.20 - 1.30	30	6.8
1.30 - 1.40	26	5.9
1.40 - 1.50	37	8.4
1.50 - 1.60	42	9.6
1.60 - 1.65	50	22.7

Características			
Diâmetro da Ponteira	36.0 mm	Peso do Batente	4.400 Kg
Diâmetro das Varas	25 mm	Peso de Cada Vara	3.790 Kg
		Peso do Pilão	10.000 Kg
		Altura da Queda	50 cm

Observações : Cota do ensaio PF2 a -3.00m de profundidade.

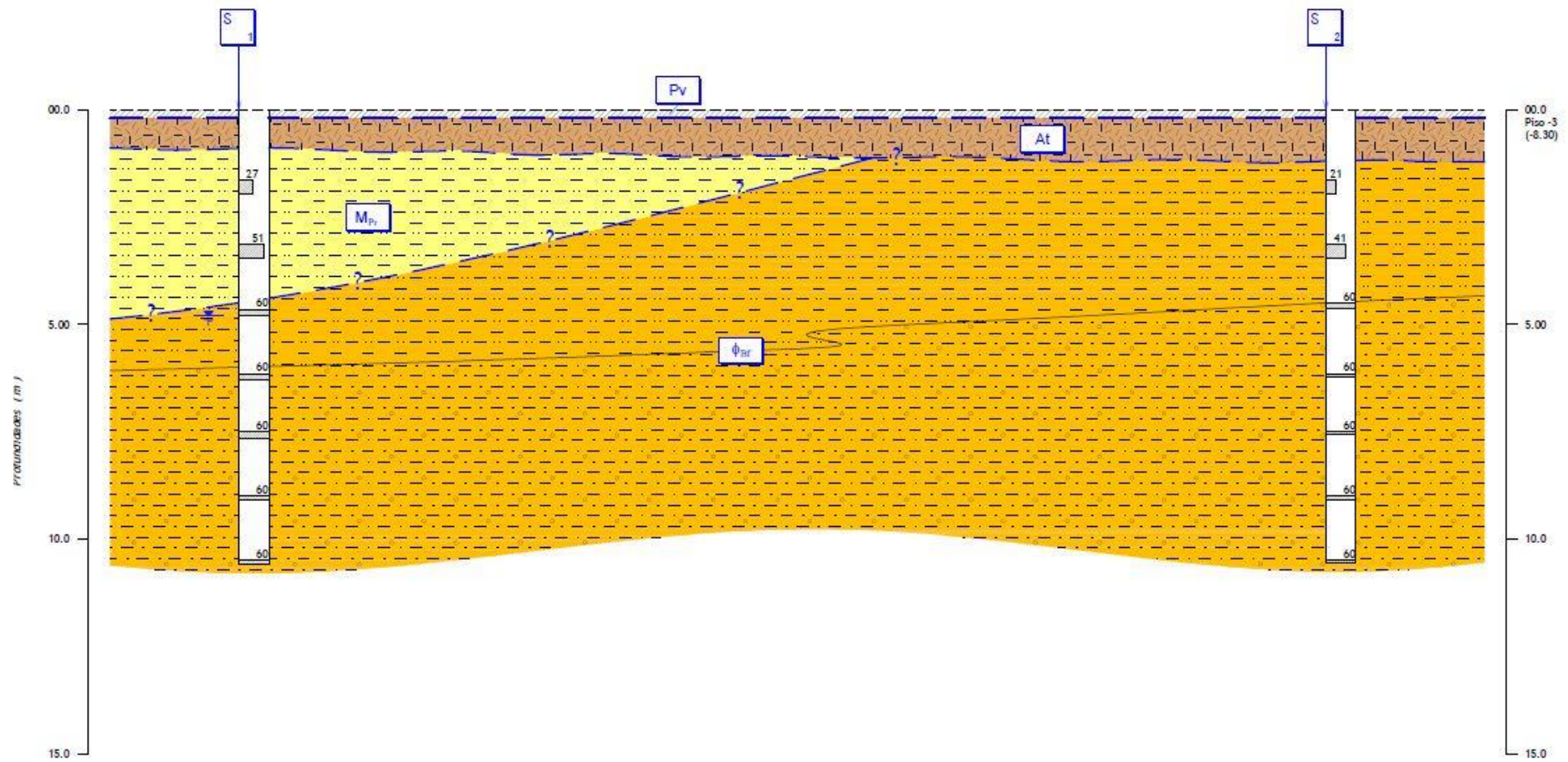
7.3. Anexo A-III

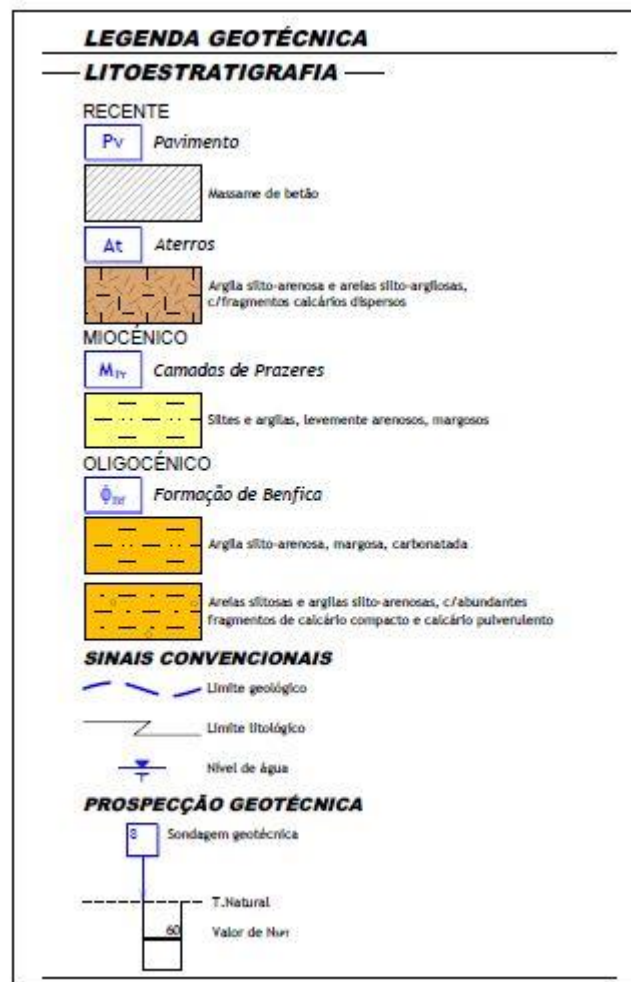
Síntese dos resultados dos ensaios laboratoriais sobre amostras indeformadas.

Sondagem (Nº)	Amostra (Nº)	Prof. (m)	Descrição	Lit. - Est. r.	Classif.	w_n Sr	ρ ρ_d (g/cm ³) Dens. Part. G	LL IP LR	VA (g/100g Solo Seco) MO (%) Pl	Granulometria		
					Unificada ASTM (D2487-00) GTR Rodoviária (E 240)					<2.0 mm (%)	<0.075 mm (%)	dip. maior part. Max. Min. (mm)
S 1		2.70	Areia média, esbranquiçado a acastanhado.		(SP)	5.8		N/P		99	2	
		3.00			A-3(0)					64		
S 2		1.20	Areia média a grosseira, castanho escuro.		(SP)	5.0		N/P		84	3	
		1.50			A-3(0)					52		


7.4. Anexo B-I

Perfil geotécnico interpretativo






7.5. Anexo B-II

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA										SONDAGEM				
			Entidade : Obra :										S1				
Data de Início		Equipamento		Prof. Final (m)												Processo	
				10.57													
Data de Fim		Nível Freático		Inclinação		Sistema		Coordenadas		Cota		Sondador		Técnico			
		4.80		90°				M=		P=		Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A Ç Ã O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç Ã O (SPRM)				F R A C T U R A Ç Ã O (SPRM)				% R.E.Q.D.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)	
						W5	W4	W3	W2	F5	F4	F3	F2	20	40	60	80			1.0
				P	Pavimento/massame de betão.															
1				A t	Argila siltó-arenosa, com fragmentos calcários dispersos; castanha.															
2				M	Siltos e argilas levemente arenosos, com seixo miúdo disperso, margosos, muito duros, castanhos.															
3					Silte finamente arenoso, algo argiloso, margoso, rijo, castanho escuro.															
4					Silte finamente arenoso, algo argiloso, margoso, rijo, castanho escuro.															
5					Argila siltó-arenosa, margosa, rija, vermelha.															
6																				
7																				
8					Areias siltosas e argilo-siltó-arenosas avermelhadas e amarelo-claras, com abundantes fragmentos de calcário compacto e calcário pulverulento esbranquiçado, muito compactas/rijas, muito consolidadas.															
9																				
10																				
11					10.57m- Fim de Sondagem															

Observações :
Legenda : (1) - Amostra Intacta
Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2099-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mli@geocontrole.pt Sem permissão para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa de Geocontrole. Mod.PB.CP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S2	
Processo											
Página 1 de 1											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)									
		10.56									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas		Cota	Sondador	Técnico			
		90°		M=	P=	Z=					

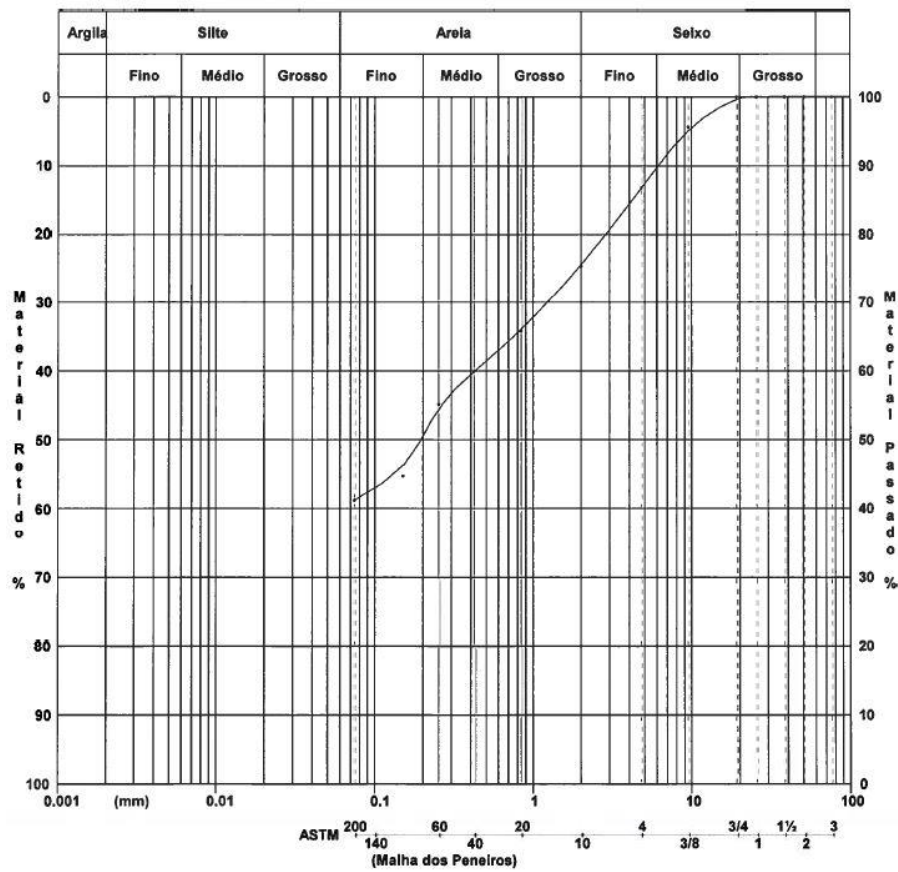
PROFUNDIDADE (m)	FURAÇÃO	MANOBRAS	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	ALTERAÇÃO (SRM)		FRACTURAÇÃO (SRM)		%REDUP.		S.P.T.		ENSAIOS	PROFUNDIDADE (m)
					W1	W2	F1	F2	20	40	60	80		
1			P	Pavimento/massame de betão.										1
1.5			At	Argilas silto-arenosas e areias silto-argilosas castanhas avermelhadas, com abundantes fragmentos calco-gresosos; e seixo miúdo disperso, esbranquiçado e cinzento.									(1)	1.5
2												4	21	2
3				Argila siltosa, algo arenosa, rija, carbonatada, vermelha com nódulos e laivos acinzentados.								10	41	3
4														4
5														5
6														6
7														7
8				Areias siltosas e argilas silto-arenosas avermelhadas e amolecidas, com abundantes fragmentos de calcário compacto e calcário pulverulento esbranquiçado, e de elementos calcários acinzentos, muito compactas/rijas, muito consolidadas.										8
9														9
10														10
11				10.56m- Fim de Sondagem										11

Observações :

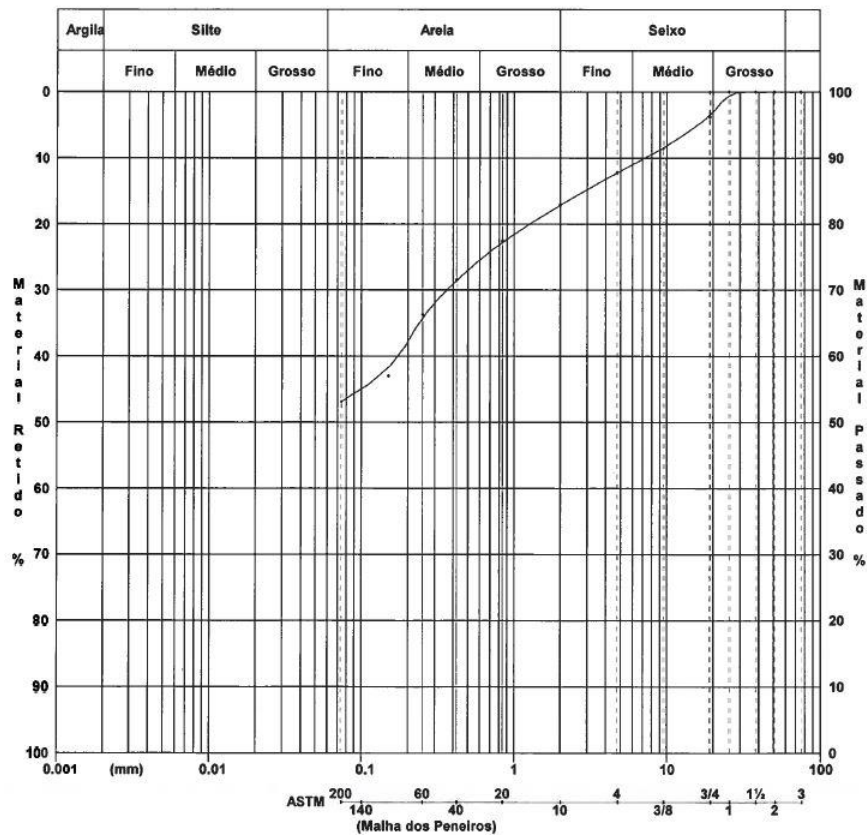
Legenda : (1) - Amostra Intacta

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2090-501 Sobadela LRS Portugal Tel: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt

Sem ser pelo o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.



Curva granulométrica da amostra colhida na formação "Argilas de Prazeres".



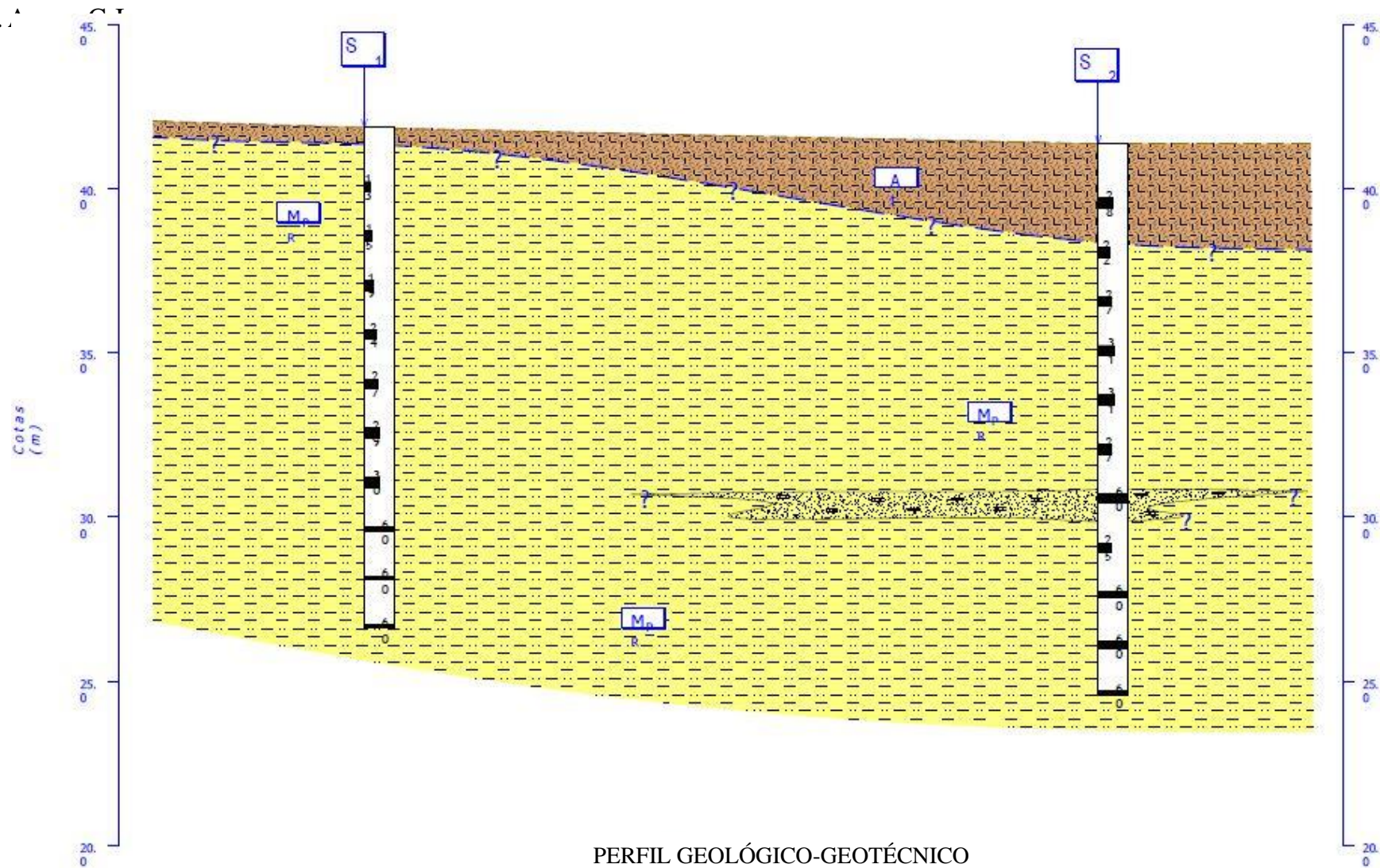
Curva granulométrica da amostra colhida na formação "Complexo de Benfica".

7.6. Anexo B-III

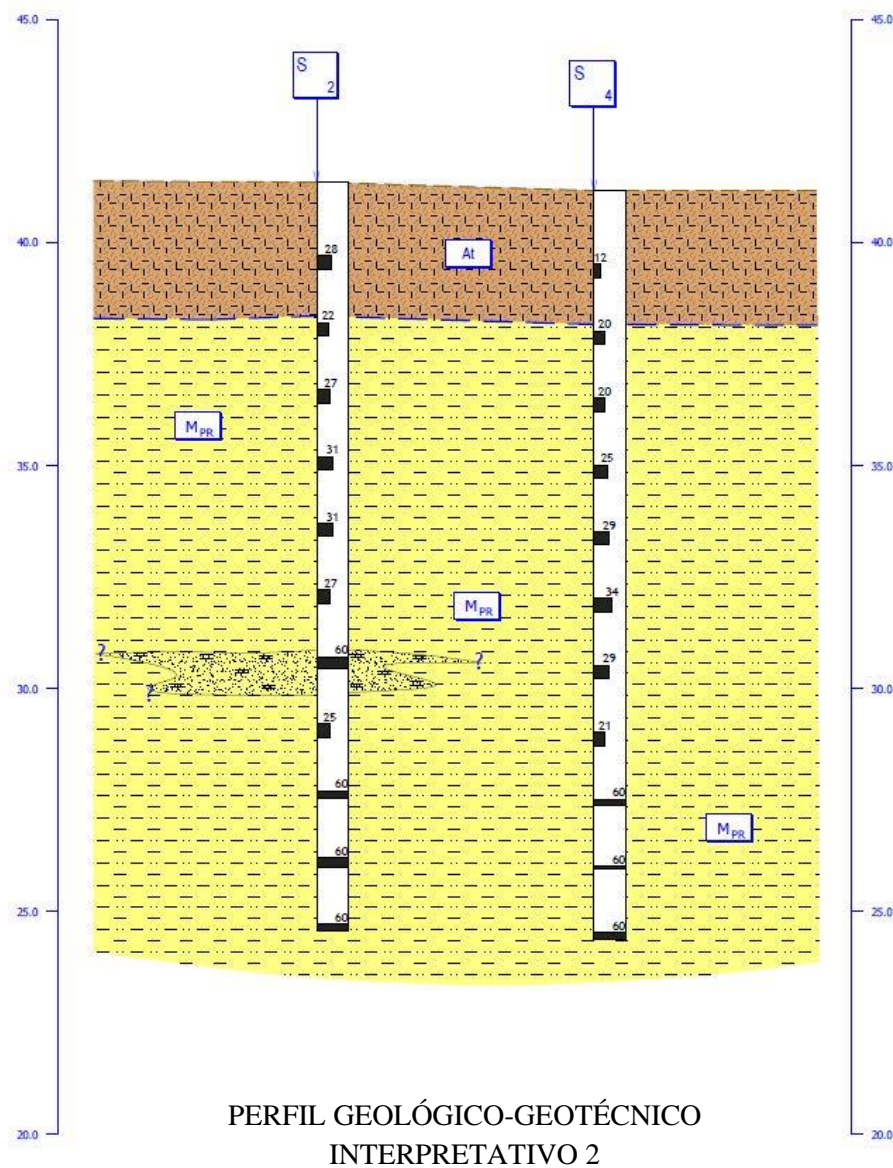
Síntese dos resultados dos ensaios laboratoriais sobre amostras indeformadas.

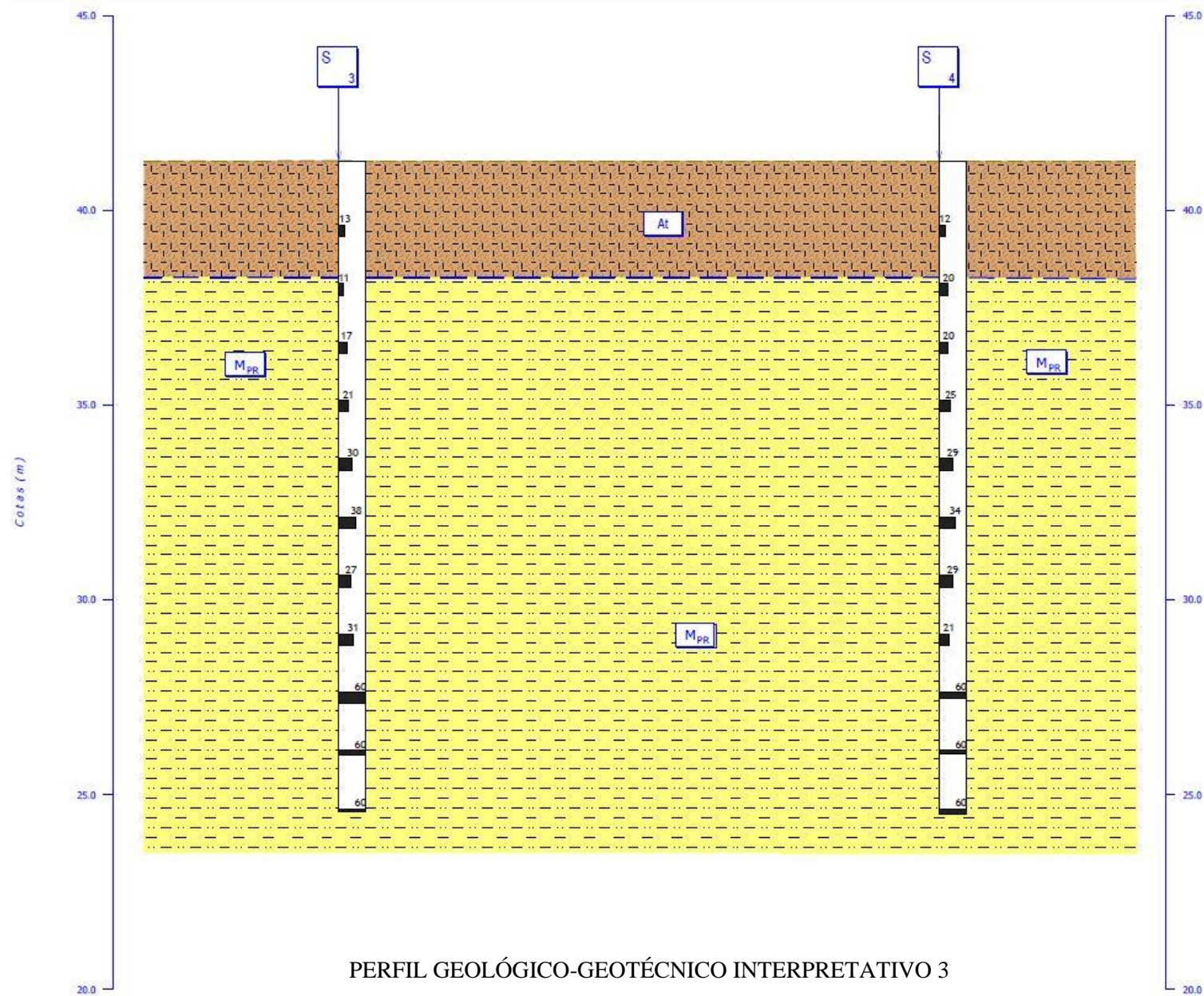
Sondagem (N°)	Amostra (N°)	Prof. (m)	Descrição	Lit. - Est. r.	Classif.	w _n Sr EA (%)	ρ _d ρ _d (g/cm³) Dens. Part. G	LL IP LR (%)	VA (g/100g Solo Seco) MO (%) Ph	Granulometria			Resistência			
					Unificada ASTM (D2487-00) GTR Rodoviária (E 240)					<2.0 mm (%)	<0.075 mm (%)	dim. maior part. Max. Min. (mm)	q _u E (kPa)	σ ₃ σ ₁ (kPa)	C C' (kPa)	φ φ' (°)
S1		0.90	Argila silto-arenosa, com seixo fino, castanho.		(SC)	14.1	2.03	44		75	41			80	40	28
		1.50			A-7-6(5)		1.78	23		60				354	18	41
S2		0.90	Seixo de calibre variável, em matriz areno-silto-argilosa, castanho.		(GC)s	11.9		44		53	25					
		1.20			A-2-7(1)			21		39						
S 2		1.20	Argila silto-arenosa, com seixo fino, castanho avermelhado.		s(CH)	17.4	2.13	53		83	53		192			
		1.50			A-7-6(11)		1.82	26		72			2643			

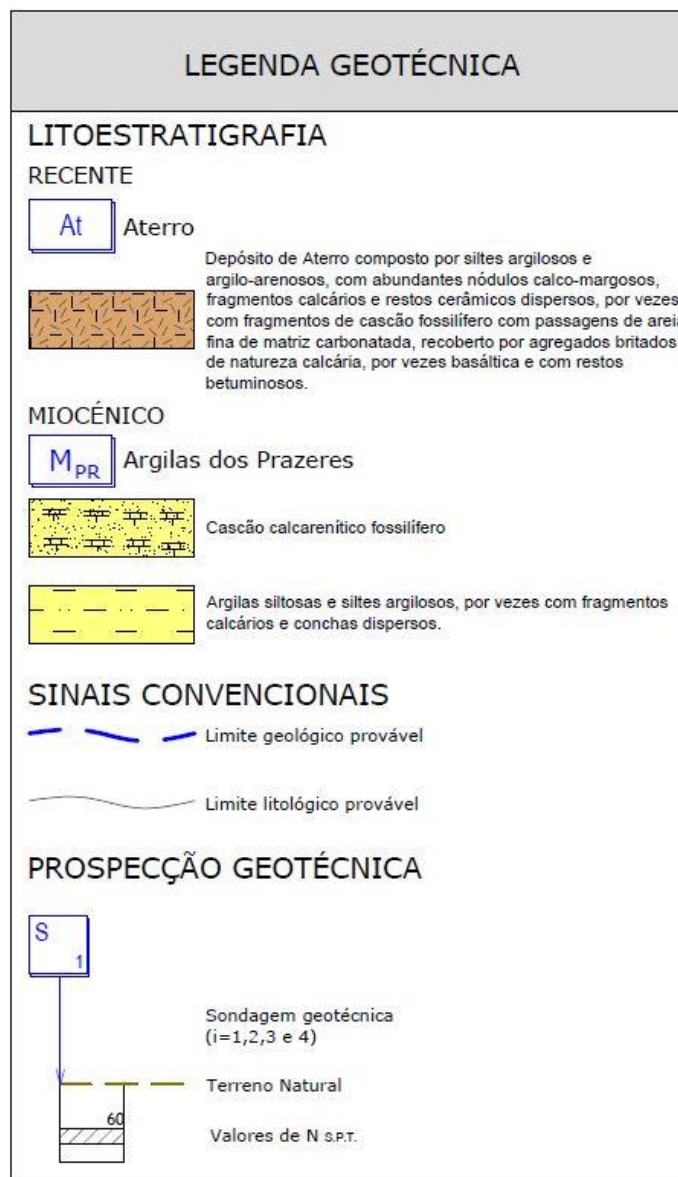
7.7.1














PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
INTERPRETATIVO 1







7.8. Anexo C-II

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA						SONDAGEM				
Entidade : Obra :									S1				
									Processo				
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)							Página				
	Oxidril	15.23							1 de 2				
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas		Cota	Sondador	Técnico					
		90°		M=	P=	Z=							
PROFUNDIDADE (m)	FURACÃO	MANOBRAS	ESTRATIGRAFIA	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	ALTERAÇÃO (SRM)		FRACTURAÇÃO (SRM)	% REQU.	% R.Q.D.	S.P.T.	ENSAIOS	PROFUNDIDADE (m)
						W1 W2 W3 W4	P1 P2 P3 P4				10 20 30 40 50		
1			At		Agregados britados de natureza calcária e basáltica.								1
2					Argila siltosa, dura; cinzento esverdeada com laivos castanho amarelados no topo.						3 13 (30 cm)		2
3											6 16 (30 cm)		3
4											6 18 (30 cm)		4
5											6 24 (30 cm)		5
6											6 27 (30 cm)		6
7					Argilas siltosas, muito duras; cinzento esverdeado com manchas castanho ferruginosas ocasionais.						7 28 (30 cm)		7
8													8
9													9
10													10

Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm.

Legenda : (4) - Ensaio de Permeabilidade "LEFRANC" (1) - Amostra Intacta


Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2899-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: neli@geocontrole.pt




Sem ser pelo o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa de Geocontrole.

Mod. PB-CP.13/1 - 2019-05-31

Geocontrole			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM		
Data de Início: _____ Equipamento: _____ Prof. Final (m): 15.23			Entidade: _____ Obra: _____							S1		
										Processo		
Data de Fim: _____			Nível Fretico: _____							Página 2 de 2		
Inclinação: 90°			Sistema: M= _____		Coordenadas: P= _____		Cota: Z= _____		Sondador: _____			
Técnico: _____												
PROFUNDIDADE (m)	FURACÃO	MANOBRAS	ESTRATIGRAFIA	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	ALTERAÇÃO (SRM)	FRACTURAÇÃO (SRM)	% REQU.	% R.Q.D.	S.P.T.	ENSAIOS	PROFUNDIDADE (m)
11	150mm Trazido	MPR			Argilas silteosas, muito duras; cinzento esverdeado com manchas castanho ferruginosas ocasionais.					10	30	11
12					Idem, dura, com nódulos de argilas gipsíferas azuladas.					18	40	12
13					Sites argilosos, margosos, fortemente consolidados, rijos; cinzento azulado.					23	40	13
14										28	40	14
15					15.23m- Fim de Sondagem					28	40	15
16												16
17												17
18												18
19												19
20												20

Observações: Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm.

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S2	
Processo											
Página 1 de 2											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)									
		16.78									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas		Cota	Sondador	Técnico			
		90°		M=	P=	Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C A O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	A L T E R A C A O (ISRM)		F R A C T U R A C A O (ISRM)		% RECUP.		S.P.T.		ENSAIOS	P R O F U N D I D A D E (m)
						W5 W4 W3 W2	P5 P4 P3 P2	30 40 60 80	10 20 30 40 50						
1			At		Agregado britado de natureza calcária envolto em areia siltosa.										1
2			At?		Fragmentos de cascalho calcário fossilífero com passagens de areia fina siltosa de matriz carbonatada, medianamente compacta; amarelado e esbranquiçado.									21 28 (30 cm)	2
3														17 22 (30 cm)	3
4														8 27 (30 cm)	4
5														2 31 (30 cm)	5
6			MPR		Argilas siltosas, muito duras e rijas, com fragmentos e conchas dispersos; cinzento esverdeado com manchas castanho amareladas ferruginosas.									9 31 (30 cm)	6
7														11 27 (30 cm)	7
8															8
9															9
10															10


Observações :

Legenda : (1) - Amostra Intacta

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2099-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mal@geocontrole.pt

Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod. PR (P. 13/1) - 10/16/05-11

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S2	
										Processo	
Data de Início		Equipamento	Prof. Final (m)						Página		
			16.78						2 de 2		
Data de Fim		Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas	Cota	Sondador	Técnico			
			90°		P=	Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C A O	M A N O B R A S	E S T R A T E G I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç ÃO L I T O L Ó G I C A	A L T E R A C A O (SRM)		F R A C T U R A C A O (SRM)		% R.E.C.U.P.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						W5 W4 W3 W2	P5 P4 P3 P2	30 40 60 80	10 20 30 40 50						
11	150mm T r a d o	M P R	M P R	•••••	Argilas siltosas, muito duras e rijas, com fragmentos e conchas dispersos; cinzento esverdeado com manchas castanho amareladas ferruginosas.									49 \$0	11
													(27 cm)		
12				•••••	Cascão calcarenítico fossilífero, muito compacto; amarelado.									8 25 (30 cm)	12
13				•••••	Argila siltosa, muito dura; cinzento esverdeado com cristais hialinos de gesso.									16 \$0 (18 cm)	13
14				•••••										21 \$0 (21 cm)	14
15				•••••	Siltos argilosos, por vezes finamente arenosos, margosos, fortemente consolidados, rijos; cinzento azulado.							18 \$0 (18 cm)	15		
16				•••••								18 \$0 (18 cm)	16		
17					16.78m- Fim de Sondagem							(18 cm)	17		
18														18	
19														19	
20														20	

Observações :
Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2009-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 210958000 Fax: (+351) 210958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mal@geocontrole.pt Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

SONDAGEM

S3

Processo

Obra :

Página

1 de 2

Técnico

Data de início

Equipamento

Prof. Final (m)

16.71

Data de Fim

Nivel Freático

Inclinação

Sistema

Coordenadas


enadas

C

Sondador

Técnico

Observações :
Legenda : (1) - Amostra Intacta
<p>Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2090-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrol.pt</p> <p>Sem ser parte o fim e que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrol.</p>


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA										SONDAGEM														
			Entidade :										S3														
			Obra :										Processo														
Data de Início			Equipamento			Prof. Final (m)				Página																	
						16.71				2 de 2																	
Data de Fim			Nível Freático			Inclinação		Sistema		Coordenadas		Cota		Sondador		Técnico											
						90°		M=		P=		Z=															
PROFUNDIDADE (m)	FURACÃO	MANOBRAS	ESTRATIGRAFIA	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	ALTERAÇÃO (SRM)				FRACTURAÇÃO (SRM)				% RECUP.				S.P.T.				ENSAIOS				PROFUNDIDADE (m)	
						N5	W4	W3	W2	P5	P4	P3	P2	20	40	60	80	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0					
11																											11
12					Idem, rijas com passagens muito duras; cinzento esverdeado com manchas e laivos castanho amarelados e ferruginosos e cristais de gesso esbranquiçado na base.																						12
13																											13
14																											14
15					Siltos argilosos e por vezes finamente arenosos, margosos, fortemente consolidados, rijos; cinzento azulado.																						15
16																											16
17					16.71m- Fim de Sondagem																						17
18																											18
19																											19
20																											20

Observações :

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2009-501 Bobadela LRS Portugal Tel: (+351) 210958000 Fax: (+351) 210958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt

Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod.PB.CP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA										SONDAGEM												
			Entidade : Obra :										S4												
Data de Início			Equipamento			Prof. Final (m)						Processo													
						16.78						Página													
Data de Fim			Nível Freático			Inclinação			Sistema			Coordenadas			Cota			Sondador			Técnico				
						90°																			

PROFUNDIDADE (m)	FURAÇÃO	MANOBRAS	ESTRATIGRAFIA	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	ALTERAÇÃO (SRM)				FRACTURAÇÃO (SRM)				% RECUR.				% R.Q.D.				S.P.T.				ENSAIOS	PROFUNDIDADE (m)						
						W1	W4	W3	W2	P5	P4	P3	P2	20	40	60	80	10	20	30	40	50											
1	150mm Trado		At		Siltos argilo-arenosos, duros, com abundantes fragmentos calcários e restos cerâmicos dispersos; castanho acinzentado.																				4	12	(30 cm)		1				
2																												6	20	(30 cm)			
3																													5	20	(30 cm)		
4																													4	25	(30 cm)		
5			MPR		Siltos argilosos finamente arenosos com abundantes nódulos e/ou fragmentos calco-margosos, muito duros; amarelados e amarelo acinzentados.																					8	29	(30 cm)					
6																											12	34	(30 cm)				
7																																	
8																																	
9																																	
10																																	


Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm.

Legenda : (4) - Ensaio de Permeabilidade "LEFRANC" (1) - Amostra Intacta

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2099-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: msl@geocontrole.pt

Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.


Mod.PB.CP.131 - 2016-09-31

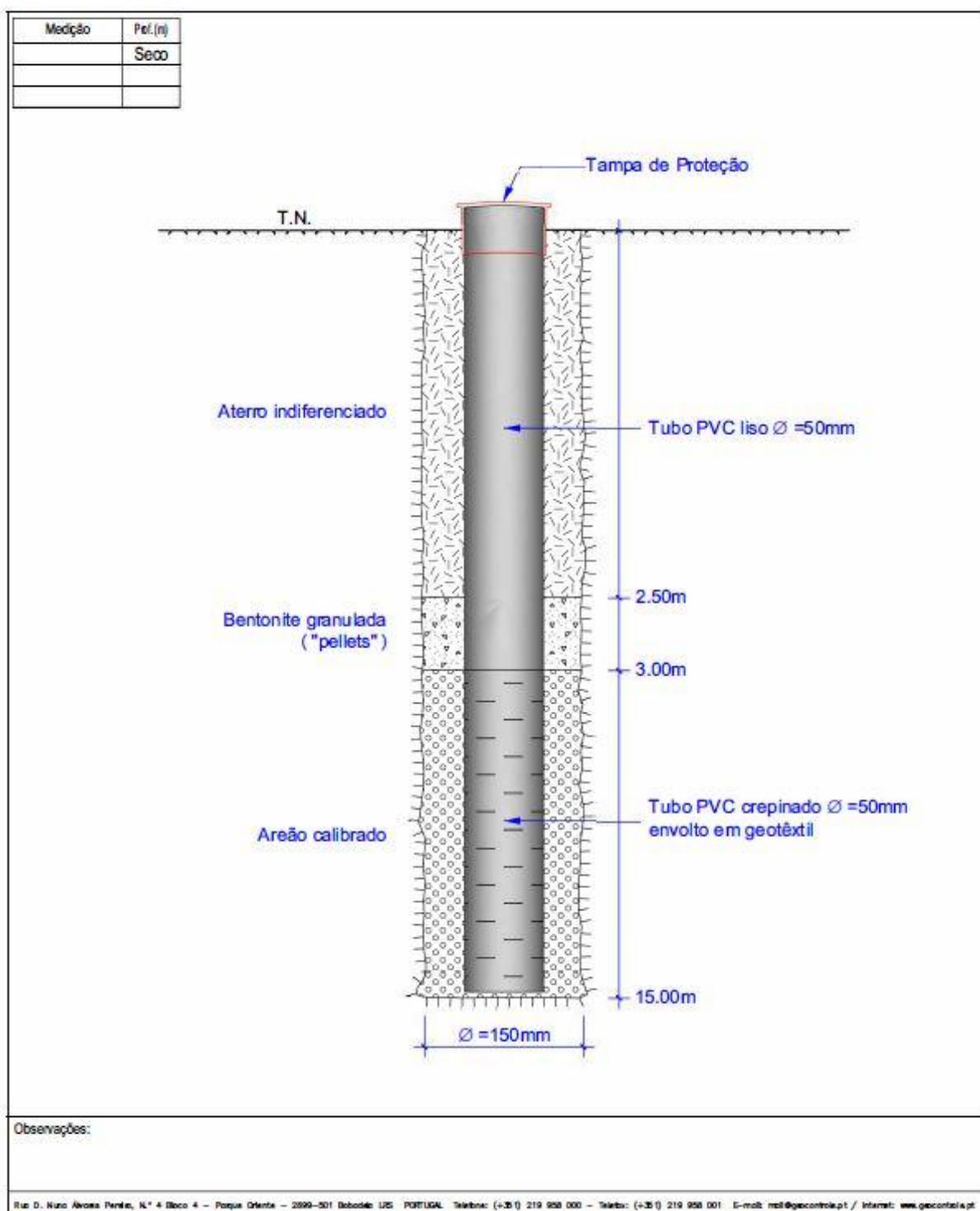
			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA										SONDAGEM																
Data de Início: _____ Equipamento: _____ Prof. Final (m): 16.78			Entidade: _____ Obra: _____										S4																
													Processo																
Data de Fim: _____			Nível Freático: _____ Inclinação: 90° Sistema: M= _____ P= _____ Cota: Z= _____ Sondador: _____										Página 2 de 2 Técnico: _____																
PROFUNDIDADE (m)	FURACÃO	MANOBRAS	ESQUEMA TIPOGRAFIA	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	ALTERAÇÃO (SRM)		FRACTURAÇÃO (SRM)		% RECU.	% R.Q.D.	S.P.T.		ENSAIOS	PROFUNDIDADE (m)														
						M1	M2	M3	M4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
11																													
12					Argilas siltosas, muito duras e rijas, com fragmentos carbonatados ocasionais; cinzento esverdeado com laivos castanho amarelados e castanho-ferruginosos.																								
13																													
14																													
15					Siltos argilosos, margosos, fortemente consolidados, rijos; cinzento azulado.																								
16																													
17					16.78m- Fim de Sondagem																								
18																													
19																													
20																													


Observações: Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2890-501 Bobadela LRS Portugal Tel: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Move: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt
 Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

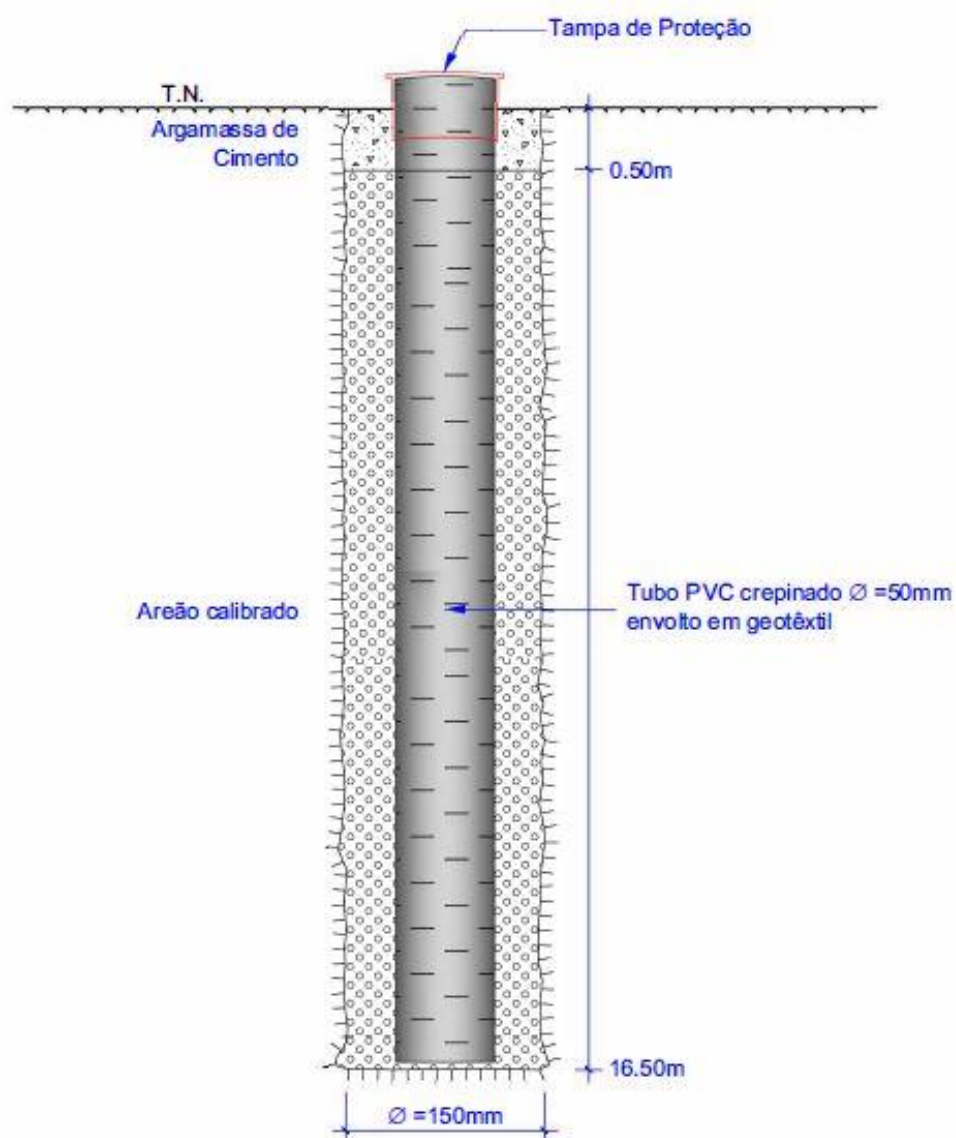
Mod. PS-CP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÓMETRO
			Entidade: _____ Obra: _____			PZ-S1
Data Inicial	Equipamento	Prof. Final (m)				PROCESSO
		15.00				
		Desenhador	Inclinação	Coordenadas	Cota	Página
			90°			1 de 1
						Técnico



			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÓMETRO
			Entidade: Obras:			PZ-S4
						PROCESSO
			Data Inicial	Equipamento	Prof. Final (m)	
		16.50				1 de 1
Data Final		Desenhador	Inclinação	Coordenadas	Cota	Técnico
			90°			

Medição	Prof.(m)
	Seco



Observações:

ENSAIO LEFRANC
carga variável

Cliente:
 Estudo:
 Processo:
 Data:

Furo de sondagem: S1

Profundidade do furo: 6,0m

Nível hidrostático: seco

Trecho ensaiado: 4,5 a 6,0m

Lanterna (cm) = 150

Diâmetro (cm) = 15


 Área (cm²) = 176.715

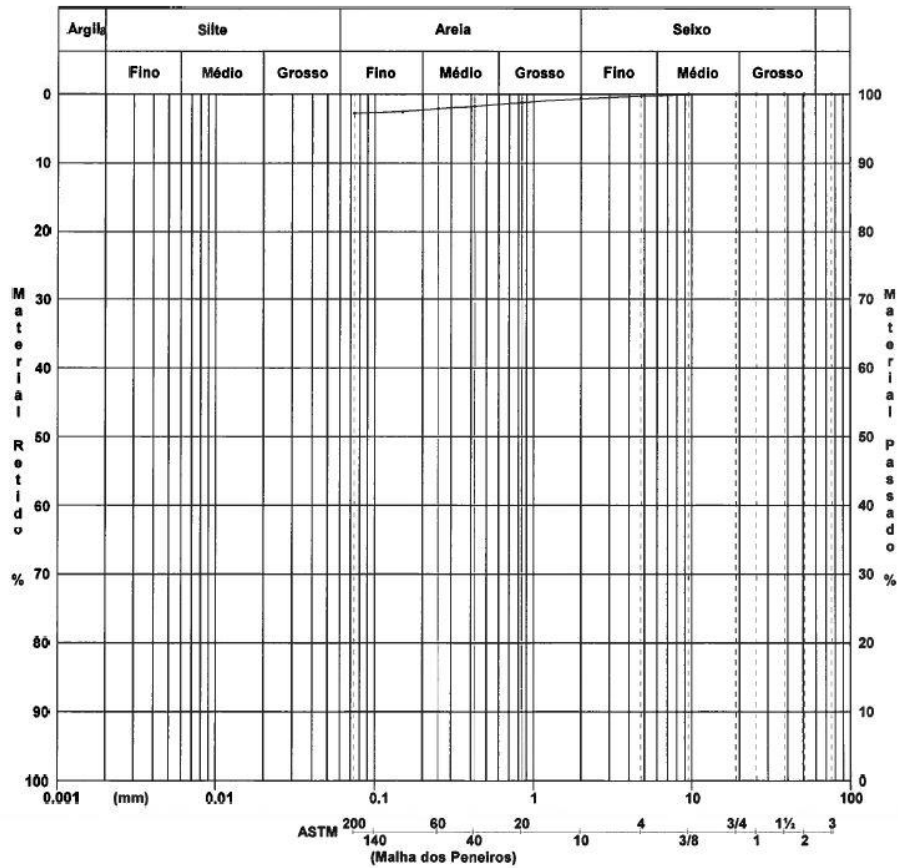
Coef. de forma = 315

Tempo (min)	Δt (seg)	Descida do N.A. (cm)	Carga Hidráulica (cm)	K (cm/s)
(t0) t=0	-	0	2100.0	-
(t1) 1	60	30	2070.0	1.3E-04
(t2) 2	60	31	2069.0	4.5E-06
(t3) 3	60	32	2068.0	4.5E-06
(t4) 4	60	33	2067.0	4.5E-06
(t5) 5	60	33	2067.0	0.0E+00
(t6) 10	300	35	2065.0	1.8E-06
(t7) 15	300	36	2064.0	9.1E-07
(t10) 30	300	39	2061.0	2.7E-06
(t13) 45	300	41	2059.0	1.8E-06
(t16) 60	300	43	2057.0	1.8E-06

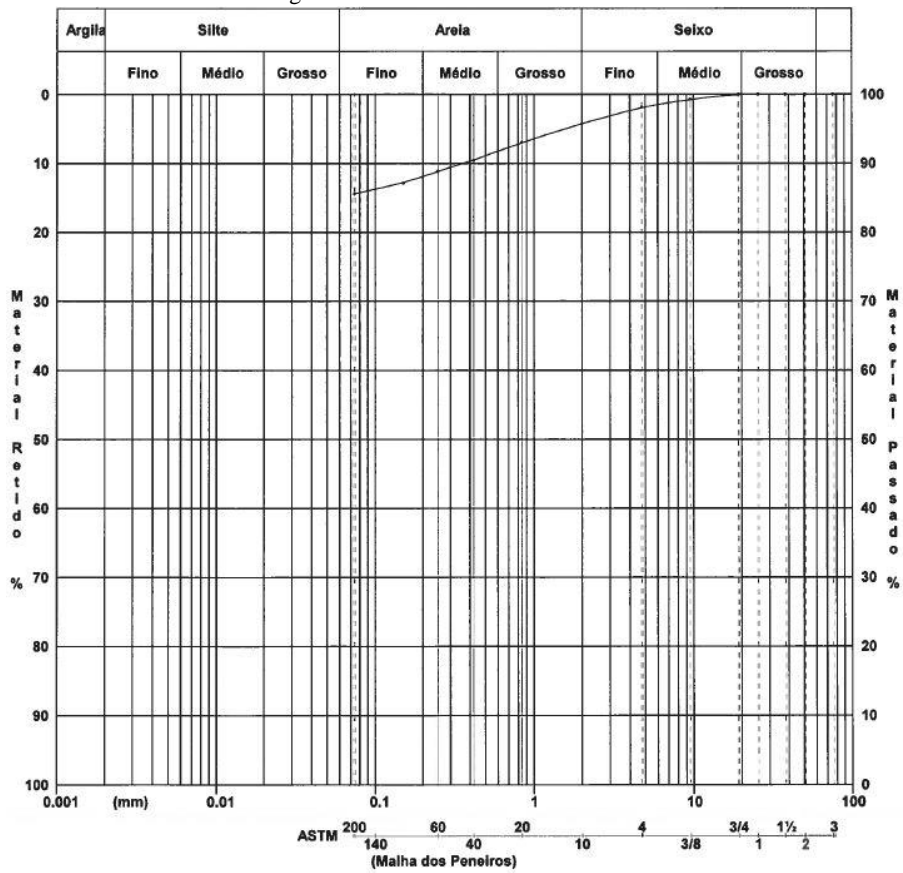
Kmédio = 1.6E-05

Obs:

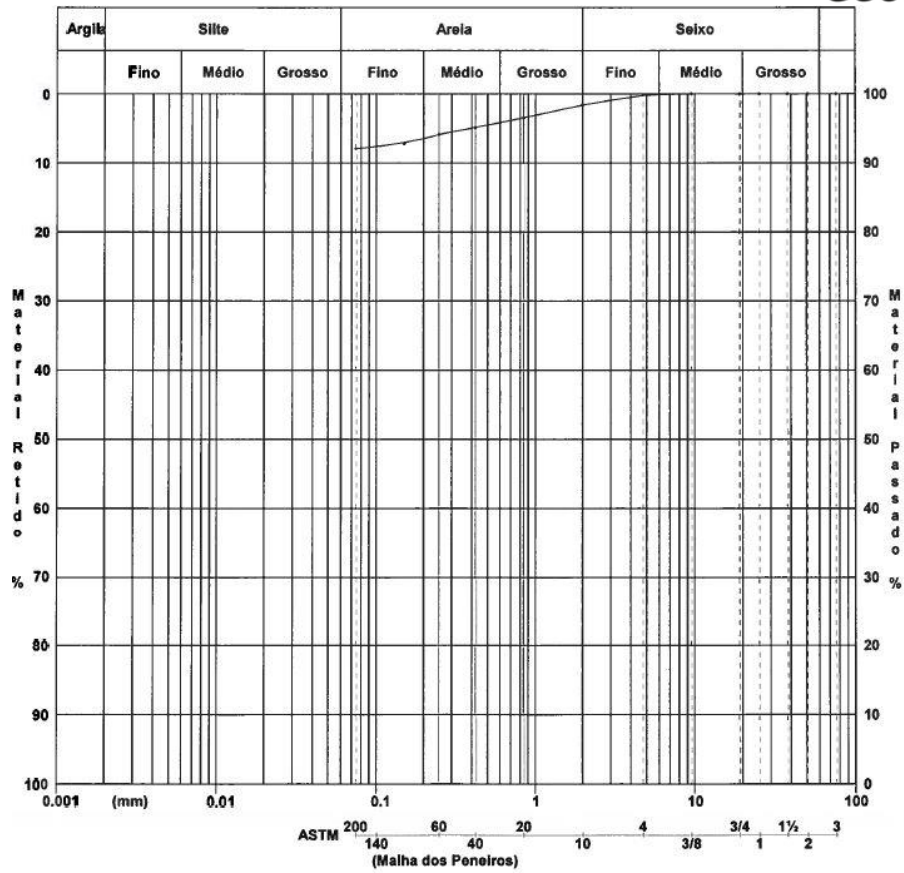
 Geocontrole	ENSAIO LEFRANC <i>carga variável</i>																																																												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Cliente:</p> <p>Estudo:</p> <p>Processo:</p> <p>Data:</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="background-color: #ffffcc; text-align: center;">Furo de sondagem: S4</p> <p>Profundidade do furo: 4,5m</p> <p>Nível hidrostático: seco</p> <p>Trecho ensaiado: 3,0 a 4,5m</p> <hr/> <p>Lanterna (cm) = 150</p> <p>Diâmetro (cm) = 15</p> <p>Área (cm²) = 176.715</p> <p>Coef. de forma = 315</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #ffffcc;"> <th>Tempo (min)</th> <th>Δt (seg)</th> <th>Descida do N.A. (cm)</th> <th>Carga Hidráulica (cm)</th> <th>K (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>(t0) t=0</td><td>-</td><td>0</td><td>2100.0</td><td>-</td></tr> <tr><td>(t1) 1</td><td>60</td><td>66</td><td>2034.0</td><td>3.0E-04</td></tr> <tr><td>(t2) 2</td><td>60</td><td>68</td><td>2032.0</td><td>9.2E-06</td></tr> <tr><td>(t3) 3</td><td>60</td><td>69</td><td>2031.0</td><td>4.6E-06</td></tr> <tr><td>(t4) 4</td><td>60</td><td>70</td><td>2030.0</td><td>4.6E-06</td></tr> <tr><td>(t5) 5</td><td>60</td><td>71</td><td>2029.0</td><td>4.6E-06</td></tr> <tr><td>(t6) 10</td><td>300</td><td>76</td><td>2024.0</td><td>4.6E-06</td></tr> <tr><td>(t7) 15</td><td>300</td><td>82</td><td>2018.0</td><td>5.6E-06</td></tr> <tr><td>(t10) 30</td><td>300</td><td>100</td><td>2000.0</td><td>1.7E-05</td></tr> <tr><td>(t13) 45</td><td>300</td><td>123</td><td>1977.0</td><td>2.2E-05</td></tr> <tr><td>(t16) 60</td><td>300</td><td>145</td><td>1955.0</td><td>2.1E-05</td></tr> </tbody> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> Kmédio = 3.9E-05 </div> <p>Obs:</p>		Tempo (min)	Δt (seg)	Descida do N.A. (cm)	Carga Hidráulica (cm)	K (cm/s)	(t0) t=0	-	0	2100.0	-	(t1) 1	60	66	2034.0	3.0E-04	(t2) 2	60	68	2032.0	9.2E-06	(t3) 3	60	69	2031.0	4.6E-06	(t4) 4	60	70	2030.0	4.6E-06	(t5) 5	60	71	2029.0	4.6E-06	(t6) 10	300	76	2024.0	4.6E-06	(t7) 15	300	82	2018.0	5.6E-06	(t10) 30	300	100	2000.0	1.7E-05	(t13) 45	300	123	1977.0	2.2E-05	(t16) 60	300	145	1955.0	2.1E-05
Tempo (min)	Δt (seg)	Descida do N.A. (cm)	Carga Hidráulica (cm)	K (cm/s)																																																									
(t0) t=0	-	0	2100.0	-																																																									
(t1) 1	60	66	2034.0	3.0E-04																																																									
(t2) 2	60	68	2032.0	9.2E-06																																																									
(t3) 3	60	69	2031.0	4.6E-06																																																									
(t4) 4	60	70	2030.0	4.6E-06																																																									
(t5) 5	60	71	2029.0	4.6E-06																																																									
(t6) 10	300	76	2024.0	4.6E-06																																																									
(t7) 15	300	82	2018.0	5.6E-06																																																									
(t10) 30	300	100	2000.0	1.7E-05																																																									
(t13) 45	300	123	1977.0	2.2E-05																																																									
(t16) 60	300	145	1955.0	2.1E-05																																																									



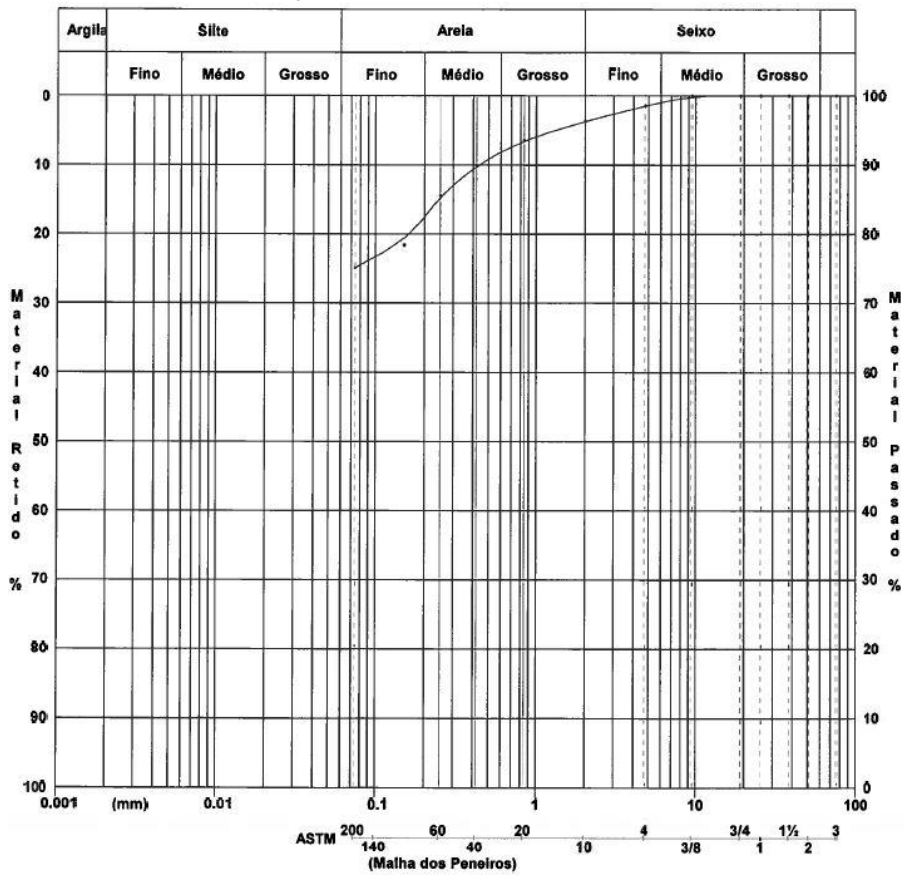
Curva granulométrica da amostra colhida em S1.



Curva granulométrica da amostra colhida em S2.



Curva granulométrica da amostra colhida em S3.



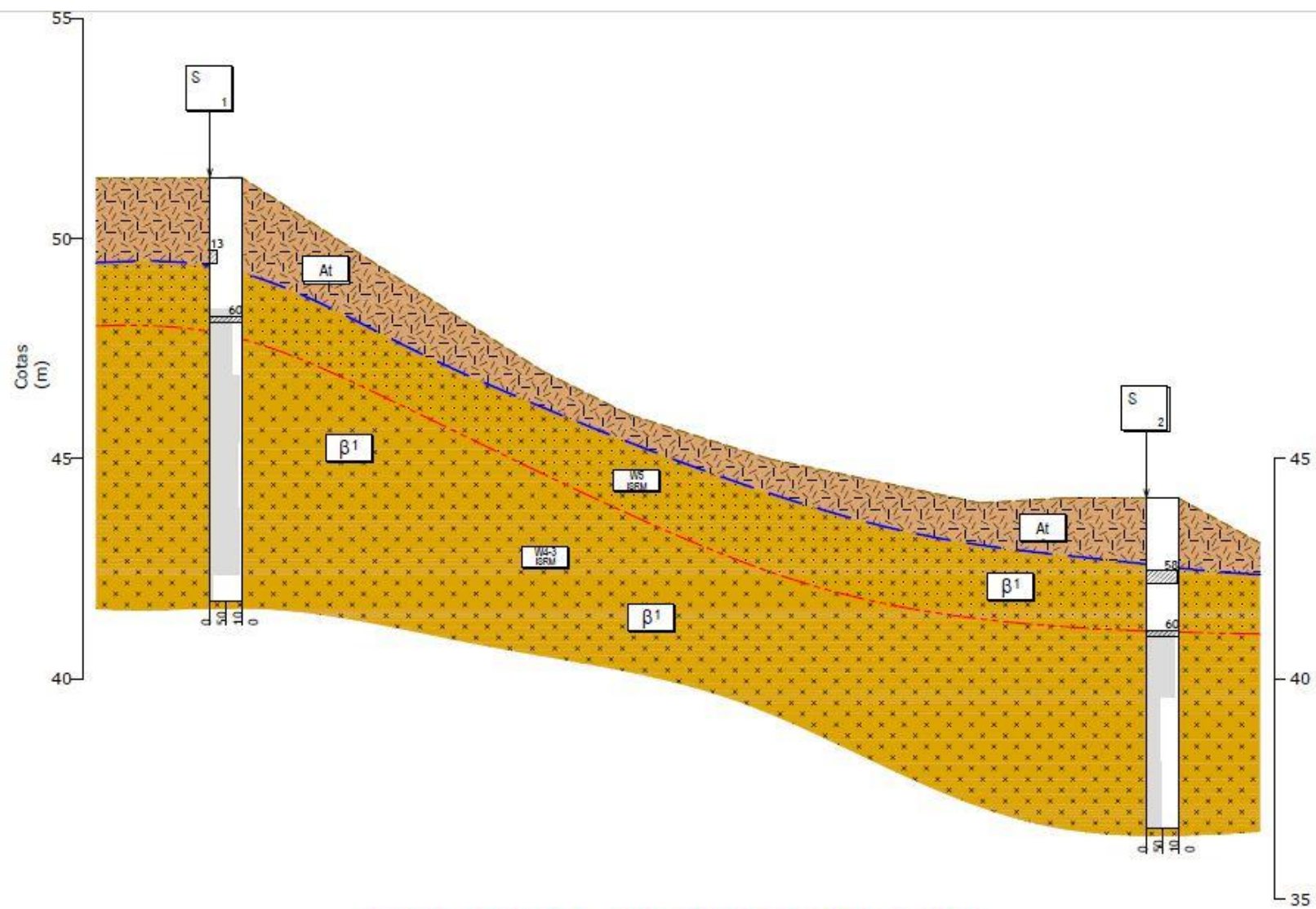
Curva granulométrica da amostra colhida em S4.

7.9. Anexo C-III

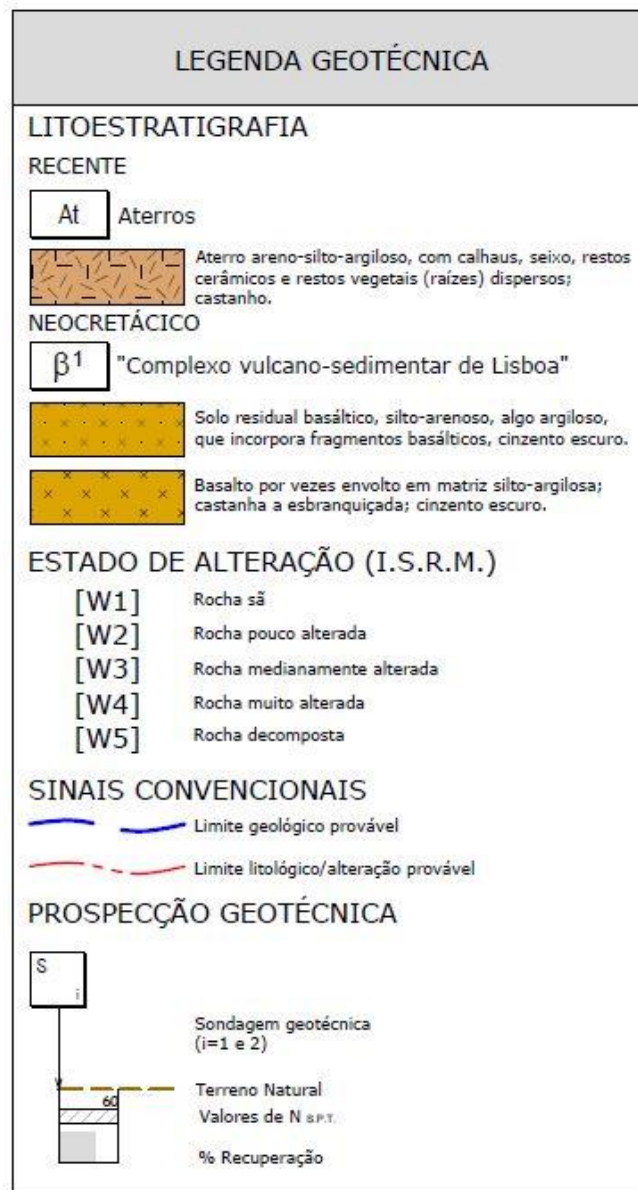
Síntese dos resultados dos ensaios laboratoriais sobre amostras indeformadas.

Sondagem (Nº)	Amostra (Nº)	Prof. (m)	Descrição	Lit. - Est. r.	Classif.	w_n	ρ	LL	VA	Granulometria			Resistência			
					Unificada ASTM (D2487-00) GIR Rodoviária (E 240)	Sr EA (%)	ρ_d (g/cm³) Dens. Part. G	IP LR (%)	(g/100g Solo Seco) MO (%) Ph	<2.0 mm (%)	<0.075 mm (%)	dim. maior part. Max. Min. (mm)	q_u E (kPa)	σ_3 σ_1 (kPa)	C (kPa)	ϕ (°)
S 1		6.60	Argila siltosa, verde.		(CH) A-7-6(18)	25.9		52 29	5.02	99	97					
		7.20								98						
S 2		3.70	Argila siltosa, levemente arenosa, verde.		(CL) A-6(13)	16.6		39 23	4.04	96	86				90	21
		4.30								90					--	--
S 3		5.10	Argila siltosa, levemente arenosa, verde acastanhado.		(CH) A-7-6(17)	21.7		50 28	5.78	98	92				46	35
		5.70								95					--	--
S 4		8.20	Argila siltosa, levemente arenosa, verde.		(CL)s A-7-6(16)	22.1		46 27	6.52	96	75					
		8.80								90						

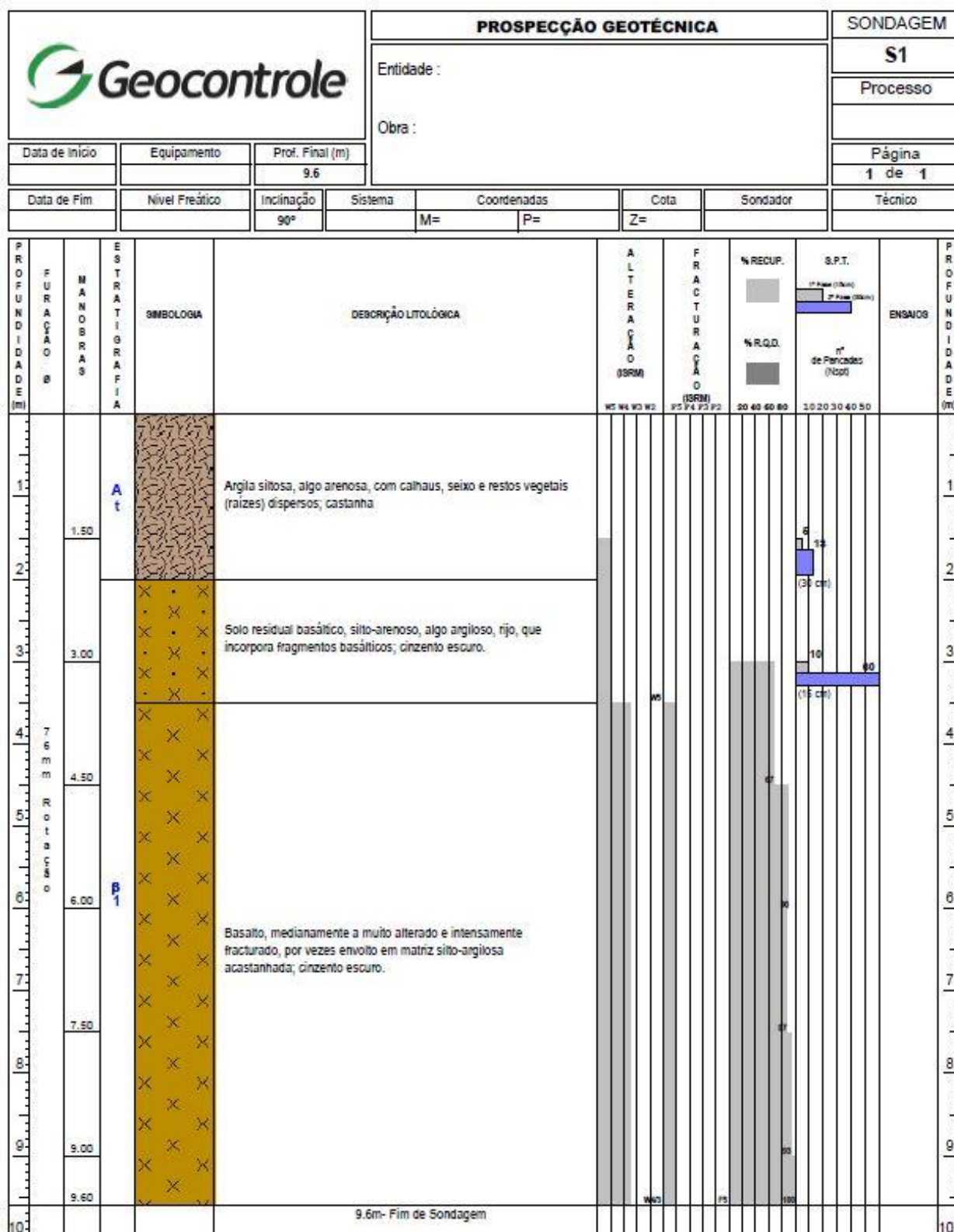
7.10. Anexo D-I



PERFIL GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO INTERPRETATIVO A-B
ESC. 1:100




7.11. Anexo D-II



Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø50mm e 9.6m de profundidade. Nível de água no final da furação 3.85m

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2899-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 212958000 Fax: (+351) 212958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt
Sem permissão o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod.PG.OP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S2	
										Processo	
Data de início Equipamento Prof. Final (m)										Página	
										1 de 1	
Data de fim Nivel Freático Inclinação Sistema Coordenadas Cota Sondador										Técnico	

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A Ç Ã O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç Ã O (SRM)				F R A C T U R A Ç Ã O (SRM)				% R.C.P.				S.P.T.				E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)	
						W1	W4	W3	W2	P1	P4	P3	P2	20	40	60	80	10	20	30	40			50
1				At	Areia silto-argilosa, com calhaus, seixos, restos cerâmicos e restos vegetais (raízes) dispersos; castanha.																			1
1.50																								
2				B1	Solo residual basáltico, silto-arenoso, algo argiloso, rijo, que incorporam fragmentos basálticos; cinzento escuro.																			2
3																								
3.00																								
4																								
4.50																								
5																								
6																								
6.00																								
7																								
7.50																								
7.5m- Fim de Sondagem																								

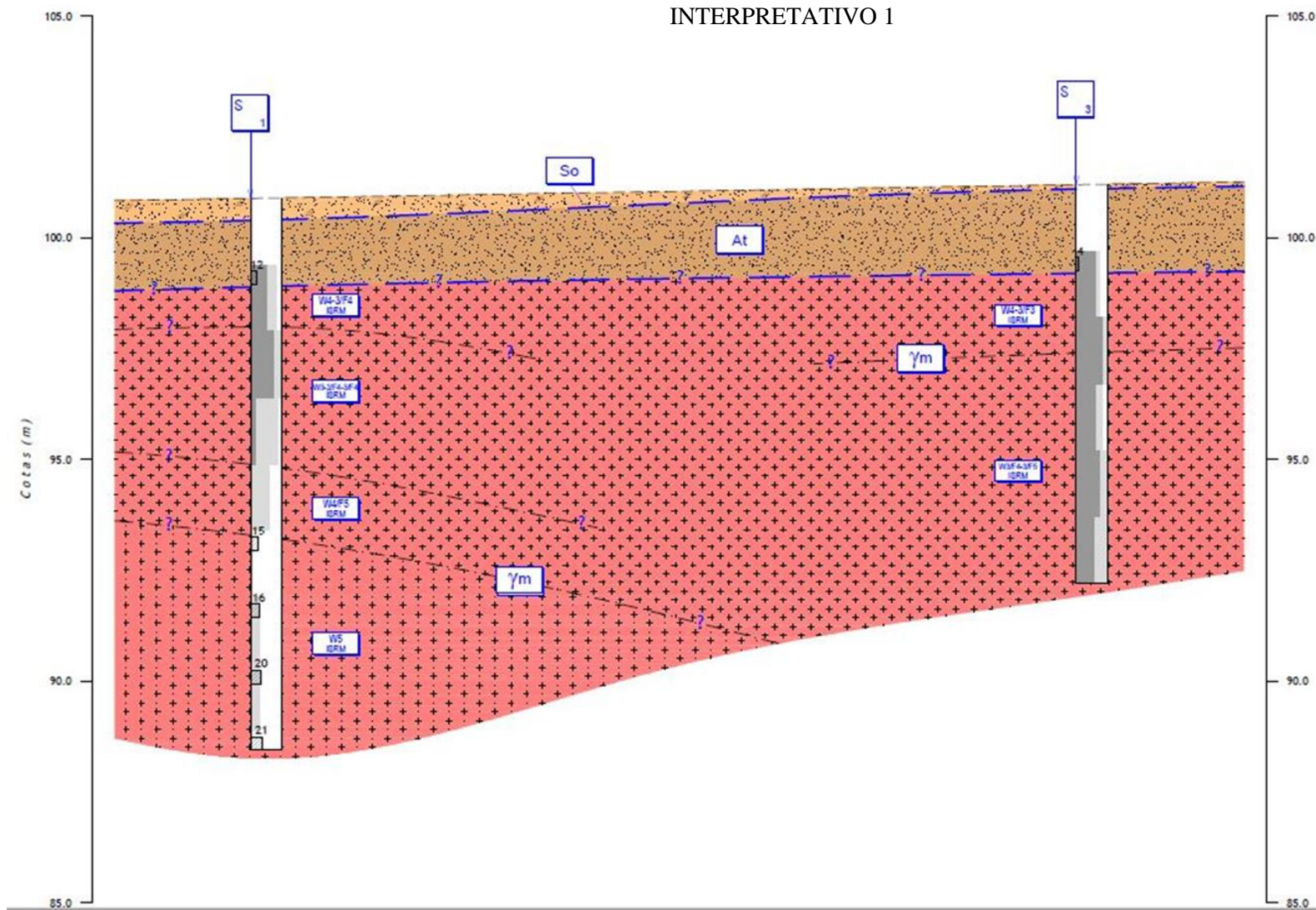
Observações : Profundidade do nível de água no final da furação 4.40m

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2609-501 Sobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963039577 E-mail: rml@geocontrole.pt
Sem permissão o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

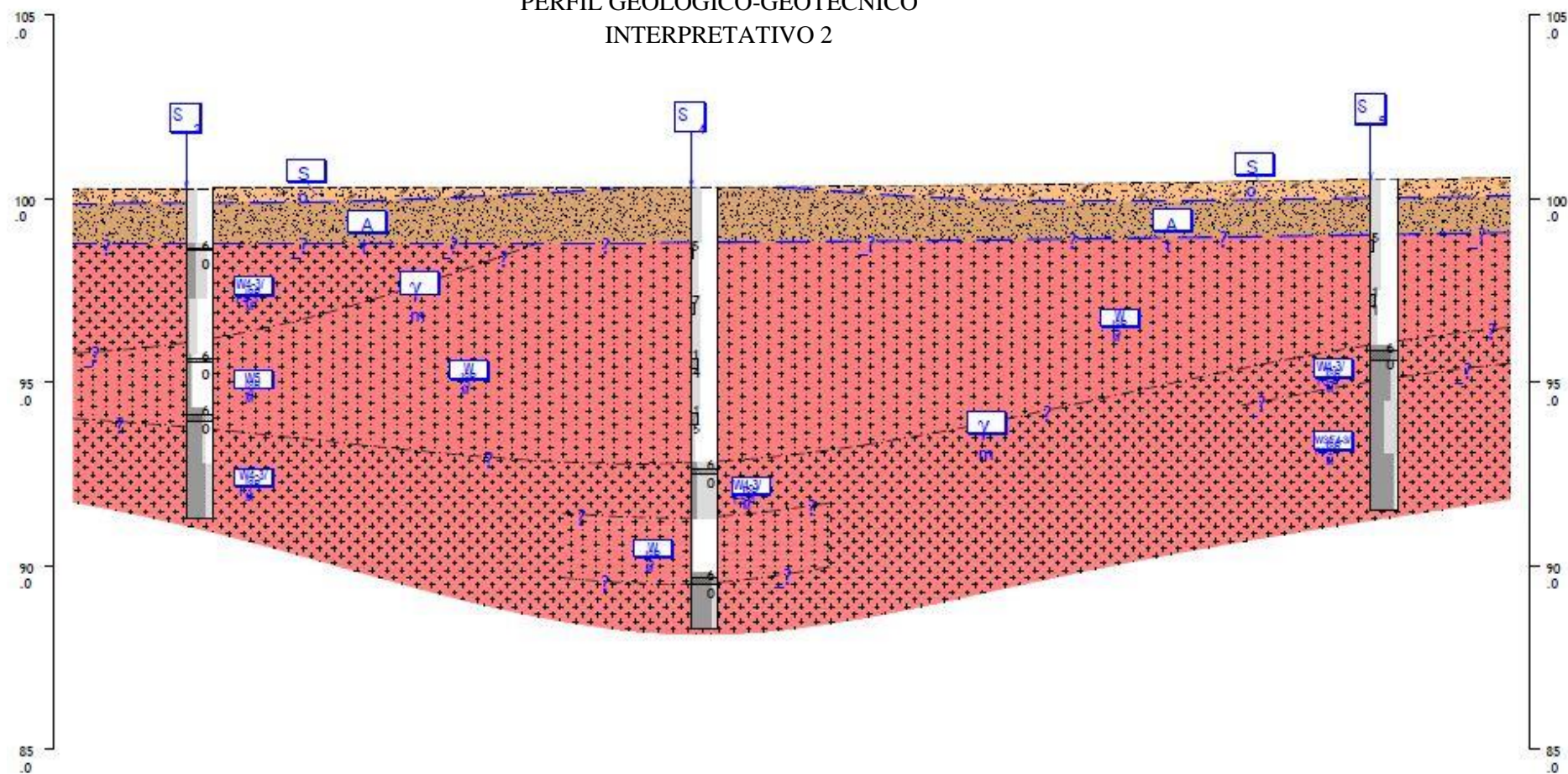
Mod.PG.OP.13/1 - 2016-05-31

7.12. Anexo E-I

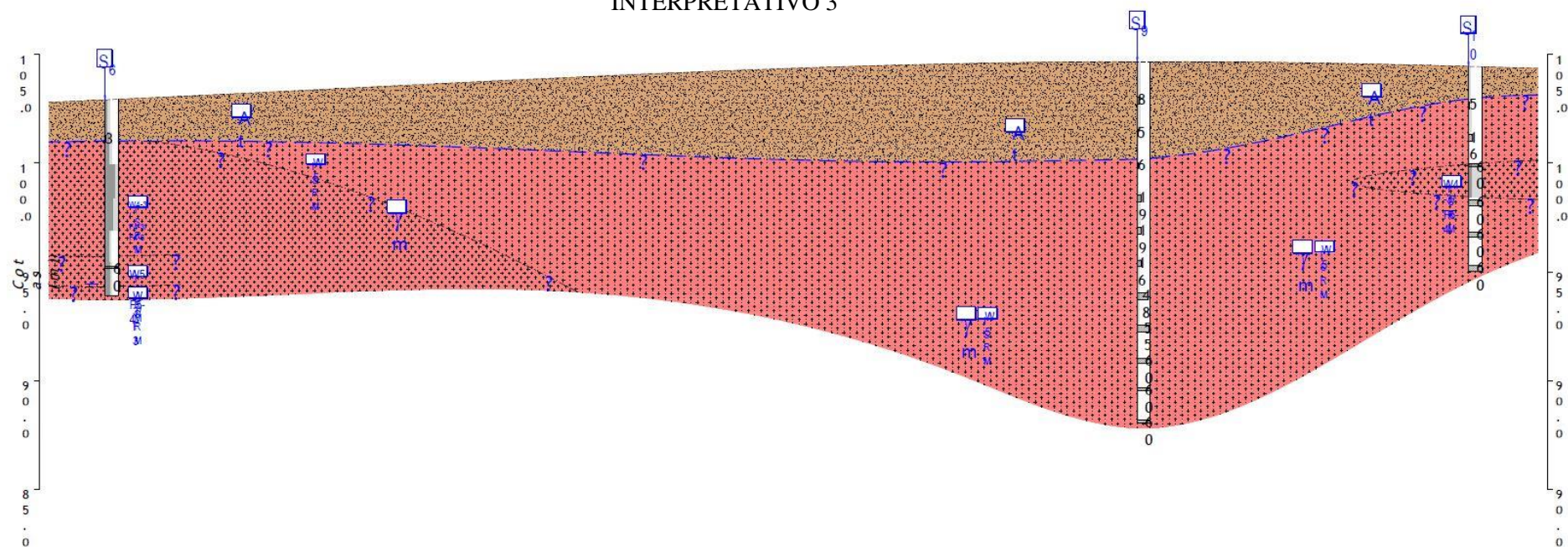
PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
INTERPRETATIVO 1



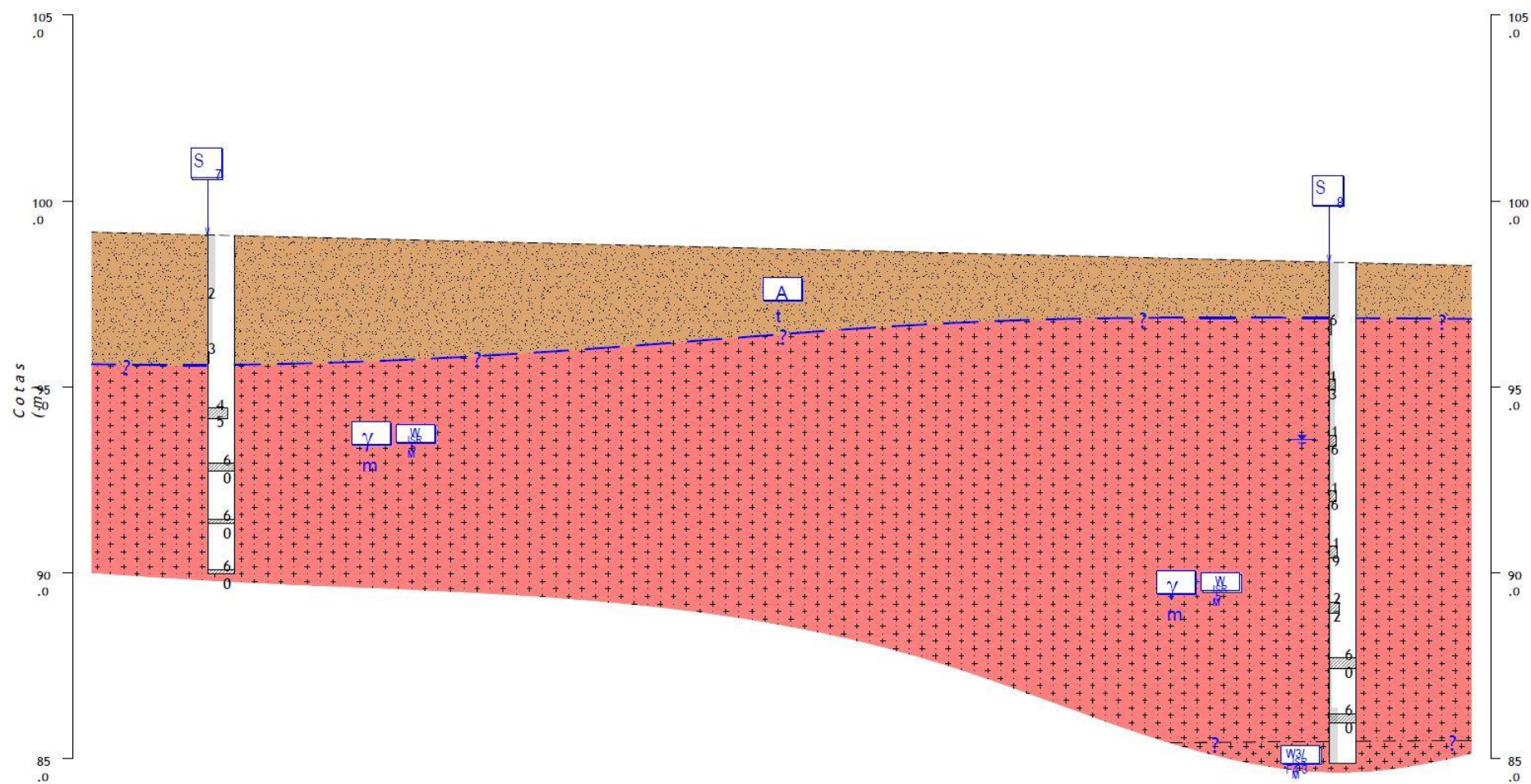
PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
INTERPRETATIVO 2



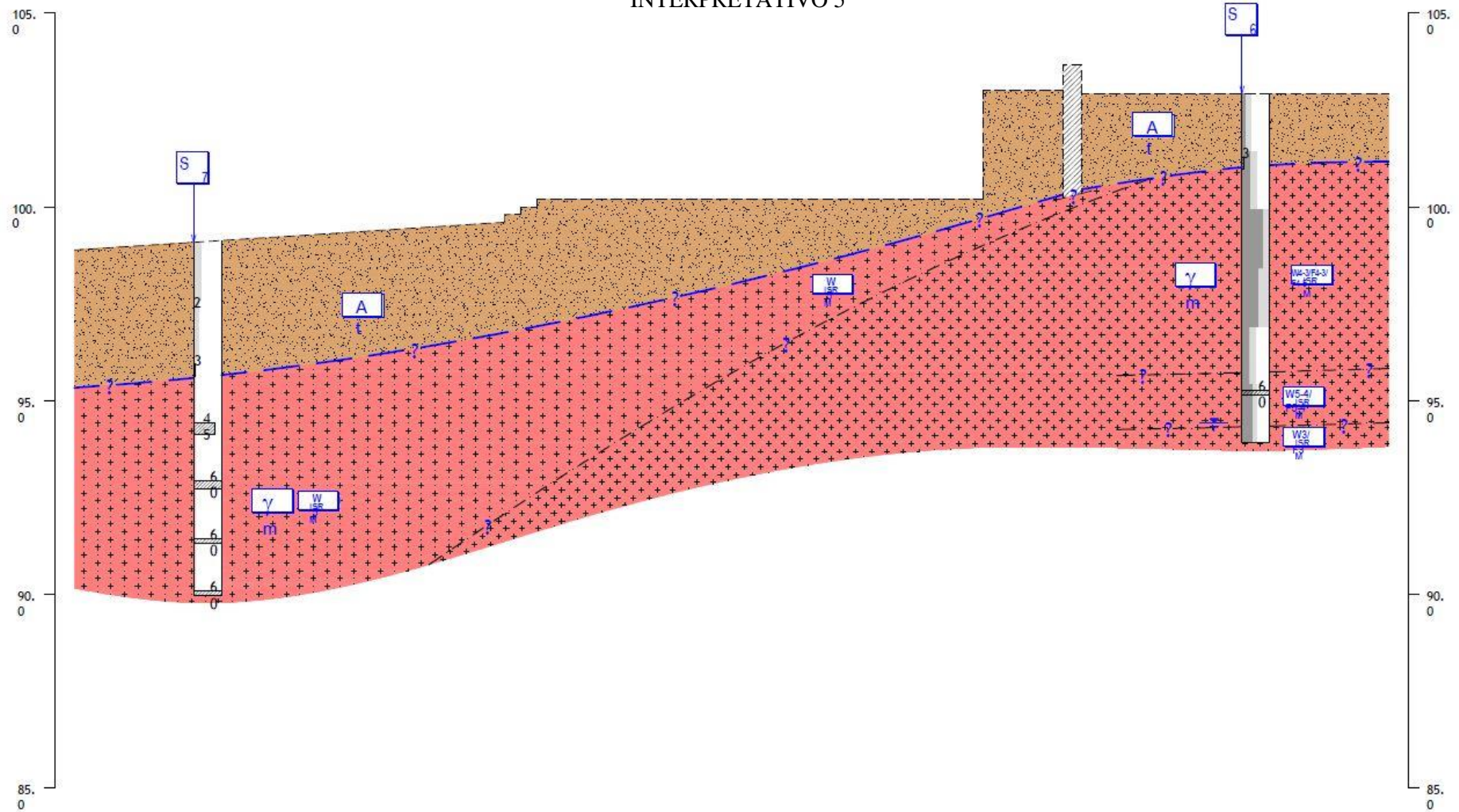
PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
INTERPRETATIVO 3



PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
INTERPRETATIVO 4

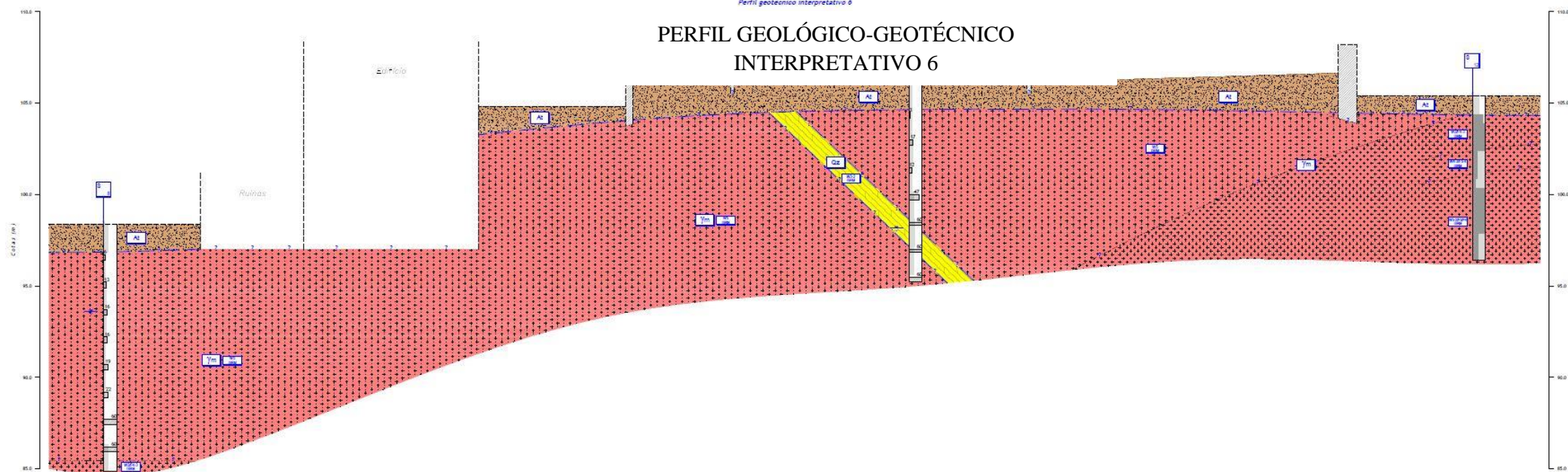


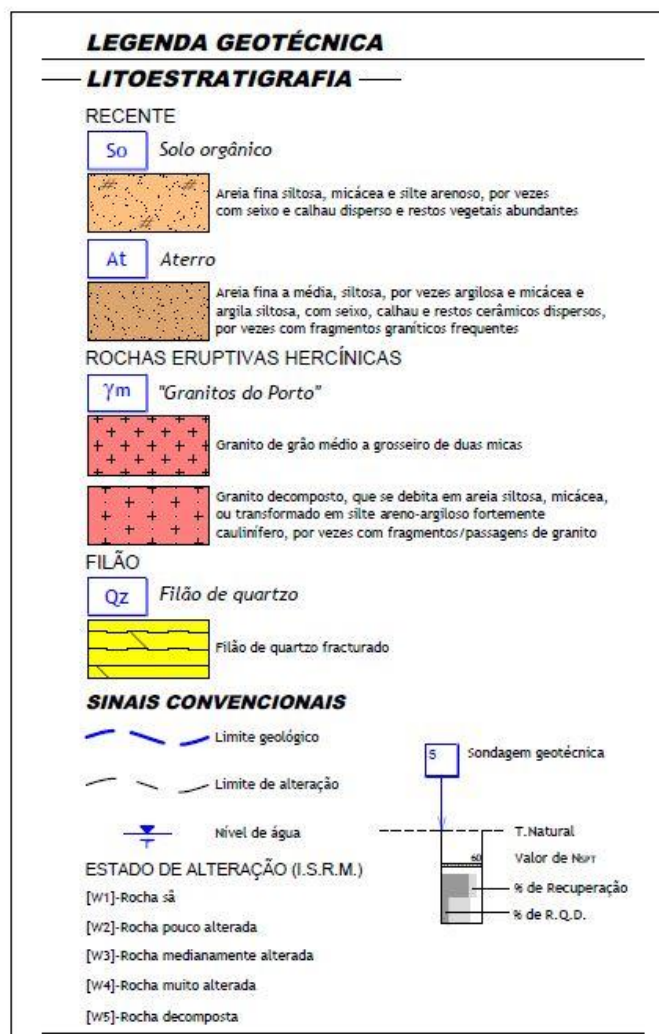
PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO INTERPRETATIVO 5



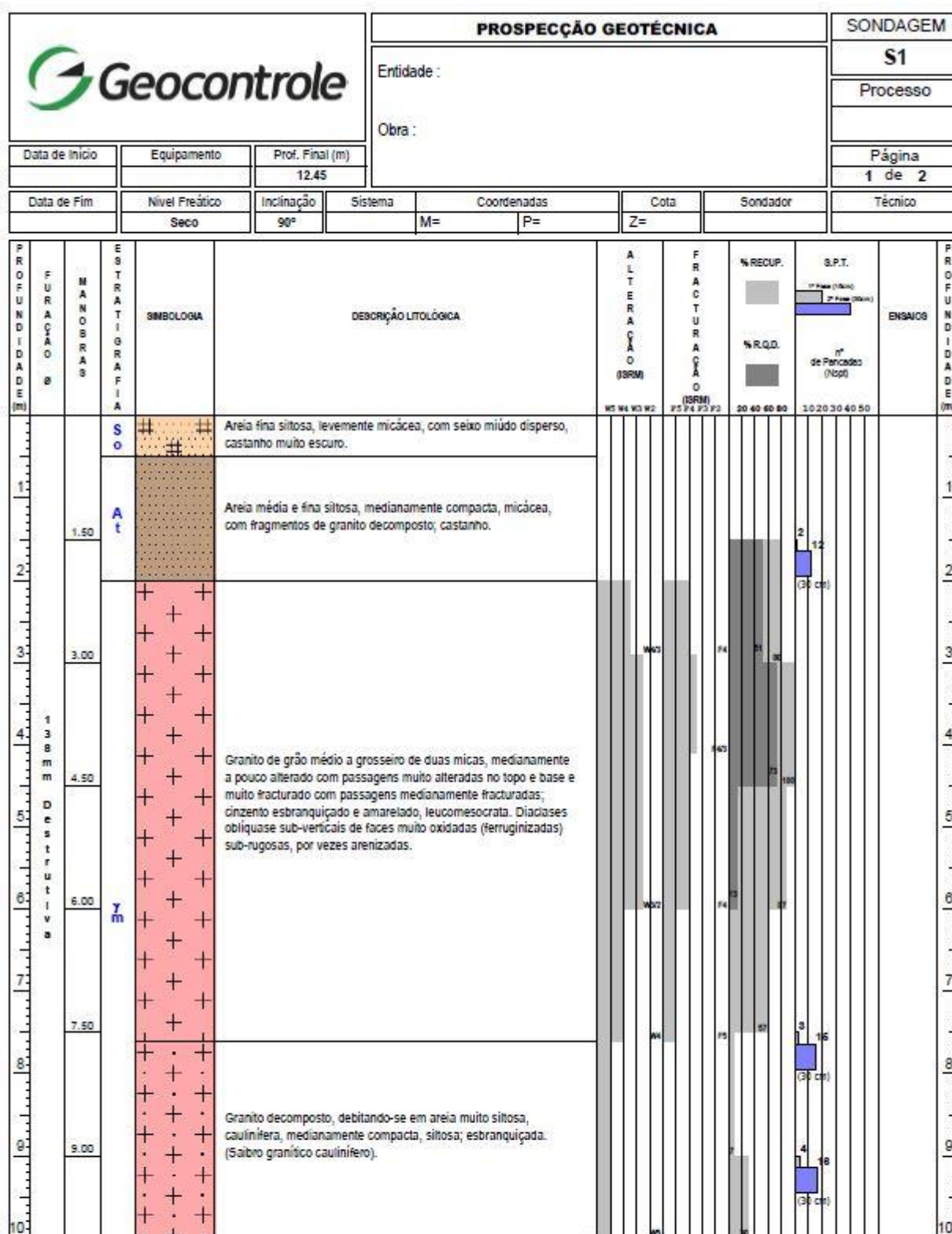
Perfil geotécnico interpretativo 6

PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO INTERPRETATIVO 6






7.13. Anexo E-II



Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm com 12.0m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2899-501 Bobadela LRS Portugal Tel: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa de Geocontrole.

Mod.FB.CP.13/1 - 2016-05-31


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S1	
										Processo	
Data de Início		Equipamento		Prof. Final (m)						Página	
				12.45						2 de 2	
Data de Fim		Nível Freático		Inclinação		Sistema		Coordenadas		Cota	
		Seco		90°				M=		P=	
								Z=		Sondador	
										Técnico	

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C A O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	A L T E R A C A O (SRM)		F R A C T U R A C A O (SRM)		% RECUP.		S.P.T.		ENSAIOS	P R O F U N D I D A D E (m)
						W1	W2	F1	F2	30	60	80	10		
11	138 mm	10.50		+	Granito decomposto, deitando-se em areia muito siltosa, caulínifera, medianamente compacta, siltosa; esbranquiçada. (Saibro granítico caulínifero).										11
12		12.00	ym	+											
13					12.45m- Fim de Sondagem										13
14															14
15															15
16															16
17															17
18															18
19															19
20															20

Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm com 12.0m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2899-501 Sobadade LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: msa@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa de Geocontrole.

Mod.FB.OP.13/1 - 2016-05-31


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S2	
Processo											
Página 1 de 1											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)								Técnico	
		9									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas		Cota	Sondador				
	Seco	90°		M= P=		Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C A O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç ÃO L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç ÃO (SRM)				F R A C T U R A Ç ÃO (SRM)				% R.E.C.U.P.				S.P.T.				E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						W1	W2	W3	W4	P1	P2	P3	P4	20	40	60	80	10	20	30	40		
1				S	Areia fina siltosa, levemente micácea, com seixo miúdo disperso, castanho muito escuro.																	1	
1.50				A	Areia muito fina e muito siltosa, com fragmentos de granito decomposto friável; castanho.																	2	
2					Granito de grão médio a grosseiro de duas micas, medianamente a muito alterado e muito a medianamente fracturado; cinzento amarelado e esbranquiado leucocrata. Diaclases obliquas e sub-horizontais de faces oxidadas, rugosas e sub-rugosas, por vezes arenizadas.																	3	
3																							4
3.00																							5
4					Granito decomposto a muito alterado, deitando-se parcialmente em areia siltosa muito compacta, micácea, com fragmentos/passagens de granito muito a medianamente alterado.																	6	
4.50																							7
5																							8
6					Granito de grão médio a grosseiro de duas micas, medianamente a muito alterado e medianamente fracturado; cinzento amarelado leucocrata. Diaclases verticais de faces sub-rugosas, oxidadas, com preenchimento silto-arenoso castanho avermelhado.																	9	
6.00																							10
7																							11
7.50																						12	
8																						13	
9																						14	
9.00																						15	
9m- Fim de Sondagem																						16	

Observações : Nível de água no final da sondagem: 4.85m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2200-501 Bobadela LRS Portugal Tel: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt


Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa de Geocontrole.

				PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM				
Entidade : Obra :											S3				
											Processo				
Data de Início: Equipamento: Prof. Final (m): 9											Página 1 de 1				
Data de Fim:		Nível Freático:		Inclinação:		Sistema:		Coordenadas:		Cota:		Sondador:		Técnico:	
		Seco		90°		M=		P=		Z=					
P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C A O	M A N O S R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç Ã O (SRM)	F R A C T U R A Ç Ã O (SRM)	% R.E.C.U.P.	% R.Q.D.	S.P.T.	E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)			
1				At	Areia fina silty, micacea, com seixo disperso, castanho escuro.							1			
2		1.50			Areia muito fina e muito silty, com fragmentos de granito; castanha.							2			
3		3.00		+ + + + +								3			
4		4.50		+ + + + +								4			
5		6.00		+ + + + +								5			
6		7.50		+ + + + +								6			
7				+ + + + +								7			
8				+ + + + +								8			
9		9.00		+ + + + +								9			
9m- Fim de Sondagem															

Observações : Nível de água no final da sondagem: 7.20m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2809-501 Bobadela LRS Portugal Tel: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod.PB.OP.13/1 - 2016-05-31


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S4	
Processo											
Página 1 de 2											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)								Técnico	
		12									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas		Cota	Sondador				
	Seco	90°		M=	P=	Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C A O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç ÃO L I T O L Ó G I C A	A L T E R A C ÃO (ISRM)			F R A C T U R A C ÃO (ISRM)			% R.E.C.U.P.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)	
						W1	W2	W3	P1	P2	P3	P4	P5	20	40			60
1				A t	Areia fina a média, siltosa, fortemente siltosa no topo, micácea, com calhaus dispersos; castanho escuro e anegada no topo.													
1.50																		
2				+	Granito decomposto, deitando-se em areia muito siltosa, solta a medianamente compacta, micácea; esbranquiçada a amarelada.													
3																		
4																		
4.50																		
5				+	Idem, medianamente compacta.													
6																		
7																		
7.50																		
8				+	Granito de grão médio a grosseiro de duas micas, muito alterado e muito intensamente fraturado, friável, com passagem de granito decomposto; cinzento amarelado mesoleucocrata. Diaclases sub-verticais de faces sub-rugosas, arenizadas, ferruginizadas, por vezes com preenchimento silto-arenoso castanho claro.													
9																		
9.00																		
10				+	Granito decomposto, deitando-se em areia muito siltosa, muito compacta, micácea; cinzento amarelado.													

Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm com 12.0m de profundidade. Nível de água no final da sondagem: 5.10m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2899-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio não pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa de Geocontrole.

Mod. PS-OP-13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S4	
										Processo	
Data de Início		Equipamento		Prof. Final (m)						Página 2 de 2	
				12							
Data de Fim		Nível Freático		Inclinação		Sistema		Coordenadas		Cota	
		Seco		90°		M=		P=		Z=	
										Sondador	
										Técnico	


P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A Ç Ã O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç Ã O (SRM)										F R A C T U R A Ç Ã O (SRM)		% R.E.C.U.P.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						W5	W4	W3	W2	W1	P5	P4	P3	P2	P1	20	40	60	80	10	20		
8	6	10.50		+	Granito decomposto, deitando-se em areia muito siltosa, muito compacta, micácea; cinzento amarelada.																		
11	10		ym	+	Granito de grão médio a grosseiro de duas micas, medianamente a muito alterado e medianamente a muito fracturado; cinzento mesoleucocrata. Diaclases sub-horizontais de faces sub-rugosas, por vezes untosas ao tacto, com preenchimento silto-arenoso castanho-claro.																		
12	12.00			+																			
12m- Fim de Sondagem																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							

Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm com 12.0m de profundidade. Nível de água no final da sondagem: 5.10m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2890-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt

Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod. PB/CP.13/1 - 2016-05-31


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S5	
Processo											
Página 1 de 1											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)	Sistema		Coordenadas	Cota	Sondador	Técnico			
		9			M=	P=	Z=				
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação									
	Seco	90°									

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C Ã O	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç Ã O (SRM)										F R A C T U R A Ç Ã O (SRM)		% R.E.C.U.P.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						W1	W2	W3	W4	W5	F1	F2	F3	F4	F5	20	40	60	80	10	20		
1				S	Silte arenoso, com seixo, calhaus e restos vegetais abundantes; anegrado.																		
1.50				A	Areia fina a média, siltosa, micácea; castanha.																		
2																							
3					Granito decomposto, transformando-se em silte areno-argiloso fortemente cauliniífero, micáceo, medianamente consistente a rijo, esbranquiçado. (Solo saprolítico).																		
3.00																							
4					Granito decomposto, deitando-se em areia siltosa, micácea; castanho clara. (Saibro granítico).																		
4.50																							
5				Y	Granito de grão médio a grosseiro de duas micas, medianamente alterado a muito alterado e medianamente a muito fracturado, com passagens intensamente fracturadas, friável no topo; cinzento esbranquiçado a amarelado leucocrata. Diaclasses sub-horizontais e sub-verticais, oblíquas de faces sub-rugosas, por vezes com preenchimento areno-siltoso castanho.																		
6																							
6.00																							
7																							
7.50																							
8																							
8.00																							
9																							
9.00																							
10					9m- Fim de Sondagem																		

Observações : Nível de água no final da sondagem: 5.10m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2599-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: maki@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod.PS.OP.13/1 - 2016-05-31


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S7	
Processo											
Página 1 de 1											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)									
		9.11									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas	Cota	Sondador	Técnico				
	Seco	90°		M=	P=	Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A Ç Ã O	M A N O S R A S	E S T R A T I G R A F I A	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	A L T E R A Ç Ã O (SRM)		F R A C T U R A Ç Ã O (SRM)		% RECUP.		S.P.T.		ENSAIOS	P R O F U N D I D A D E (m)
						W5 W4 W3 W2	P5 P4 P3 P2	20 40 60 80	10 20 30 40 50						
1		1.50		At	Areia fina a média, silteosa, muito solta, levemente micácea, com seixo, calhau, restos vegetais, restos cerâmicos e fragmentos graníticos frequentes; castanho escura. No topo ocorre areia fina a média, com seixo disperso, castanha.										1
2															
3		3.00		At											3
4															
5		4.50		Ym	Granito decomposto, deitando-se em areia muito silteosa, compacta, micácea; cinzento esbranquiçada.										5
6															
7		6.00		Ym											7
8															
9		7.50		Ym	Idem, muito compacta.										9
10															
		9.00		Ym											10
9.11m- Fim de Sondagem															

Observações : Nível de água no final da sondagem: 6.55m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2500-501 Sobreda LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mli@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod.PS.CP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra : Quinta do Pinheiro - Porto							S8	
										Processo	
Data de Início		Equipamento		Prof. Final (m)				Página		2 de 2	
Data de Fim		Nível Freático		Inclinação		Sistema		Coordenadas		Cota	
		4.76m		90°		M=		P=		Z=	
										Sondador	
										Técnico	


P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A Ç A O Ø	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç ÃO L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç ÃO (SRM)		F R A C T U R A Ç ÃO (SRM)		% R.E.C.U.P.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)	
						W5	W4	W3	W2	P5	P4	P3	P2			20
10.50				+	Idem, medianamente compacta.											
11.00	86mm			+	Granito decomposto, deitando-se em areia siltosa, muito compacta, micácea; cinzento esbranquiçado.											
12.00	Rotacão			+												
13.50				+	Granito de grão médio a grosseiro de duas micas, medianamente alterado e medianamente a muito fracturado; cinzento esbranquiçado leucocrata. Diacrise oblíqua de faces rugosas, com preenchimento ferruginoso silto-arenoso; castanho avermelhado.											
13.5m- Fim de Sondagem																

Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm com 13.5m de profundidade. Nível de água no final da sondagem: 5.40m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº4, Parque Oriente Bloco 4 2690-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219658000 Fax: (+351) 219658001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt

Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa de Geocontrole.

Mod.PS.OP.13/1 - 2016-05-31


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S9	
Processo											
Página 2 de 2											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)									
		16.63									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas		Cota	Sondador	Técnico			
	Seco	90°		M=	P=	Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C Ã O B	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç Ã O L I T O L Ó G I C A	A L T E R A C Ã O (SRM)										F R A C T U R A C Ã O (SRM)		% R.E.C.U.P.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						W5	W4	W3	W2	P5	P4	P3	P2	P5	P4	P3	P2	20	40	60	80		
10.50				+ . + . + .	Idem, medianamente compacto.																		
11.00				+ . + . + .	Idem, compacta; cinzento esbranquiçado.																		
12.00				+ . + . + .																			
13.50				+ . + . + .	Idem, muito compacta.																		
14.00				+ . + . + .																			
15.00				+ . + . + .																			
16.50				+ . + . + .																			
16.63m	Fim de Sondagem																						

Observações : Nível de água no final da sondagem: 8.60m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2809-501 Bobadela LRS Portugal Tel: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Móvel: (+351) 963035577 E-mail: maki@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod. PS, OP. 13/1 - 2016-05-31

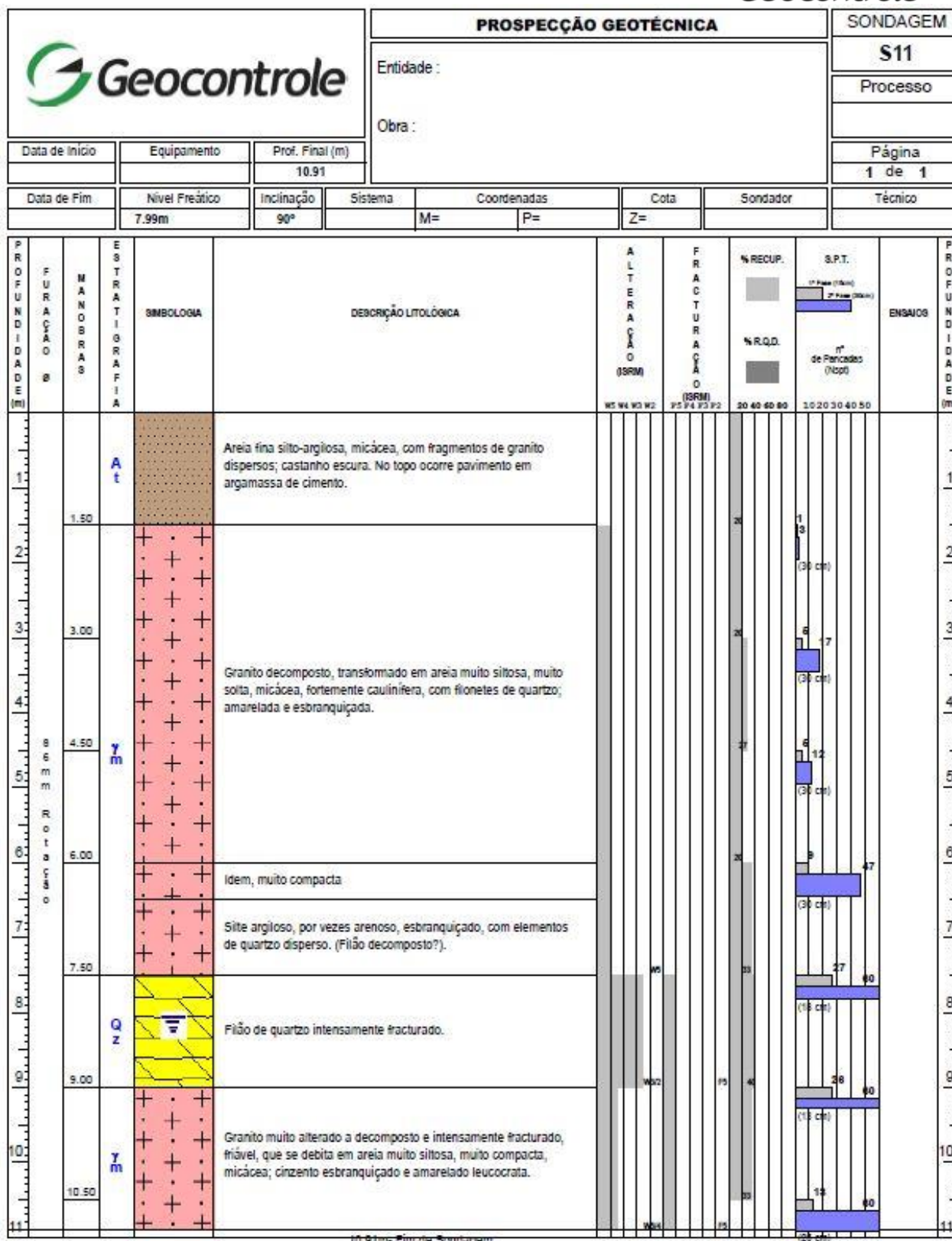
			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S10	
Processo											
Página 1 de 1											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)								Técnico	
		9.43									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas	Cota	Sondador					
	Seco	90°		M=	P=	Z=					

P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A C A O B	M A N O B R A S	E S T R A T I G R A F I A	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	A L T E R A C A O (ISRM)				F R A C T U R A C A O (ISRM)				% R.E.C.U.P.				S.P.T.				ENSAIOS	P R O F U N D I D A D E (m)
						W1	W4	W3	W2	P1	P4	P3	P2	20	40	60	80	10	20	30	40		
1				At	Areia fina a média, siltosa, micácea, com restos vegetais (raízes) e plástico disperso e fragmentos graníticos abundantes; castanho escura.																		1
2																							2
3																							3
4																							4
5																							5
6																							6
7																							7
8																							8
9																							9
10																							10

Observações : Nível de água no final da sondagem: 5.60m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2009-501 Sobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.


Mod.PB.OP.13/1 - 2016-05-31



Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm com 10.5m de profundidade. Nível de água no final da sondagem: 2.95m de profundidade.

Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2099-501 Bobadela URB Portugal Tel : (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963035577 E-mail: mail@geocontrole.pt
Sem ser para o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.

Mod.FB.CP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA							SONDAGEM	
			Entidade : Obra :							S12	
Processo											
Página 1 de 1											
Data de Início	Equipamento	Prof. Final (m)									
		9									
Data de Fim	Nível Freático	Inclinação	Sistema	Coordenadas	Cota	Sondador	Técnico				
	Seco	90°		M=	P=	Z=					


P R O F U N D I D A D E (m)	F U R A Ç A O Ø	M A N O S R A S	E S T R A T I G R A F I A	S I M B O L O G I A	D E S C R I Ç ÃO L I T O L Ó G I C A	A L T E R A Ç ÃO (SRM)				F R A C T U R A Ç ÃO (SRM)				% R.C.D.		S.P.T.		E N S A I O S	P R O F U N D I D A D E (m)
						W1	W4	W3	W2	F1	F4	F3	F2	20	40	60	80		
1		1.05		At	Areia fina, silto-argilosa, micácea, sob bloco de granito; castanho escuro. No topo ocorre pavimento em argamassa de cimento.														1
2		1.50			Granito de grão médio a grosseiro de duas micas, pouco a medianamente alterado, com passagens muito alteradas e medianamente a muito fraturado, com passagens intensamente fraturadas, por vezes frías; cinzento esbranquiçado e amarelado mesocrata. Diaclases oblíquas, sub-verticais e sub-horizontais de faces rugosas a sub-rugosas, muito ferruginizadas, por vezes arenizadas, com preenchimento arenoso e ferruginoso acastanhado.													2	
3		1.90																	3
4		3.00																	4
5		4.50																	5
6		5.05		ym															6
7		6.00																7	
8		7.50																8	
9		9.00																9	
9m- Fim de Sondagem																			

Observações : Foi instalado piezômetro hidráulico de circuito aberto com Ø=50mm com 9.0m de profundidade. Nível de água no final da sondagem: 6.0m de profundidade.

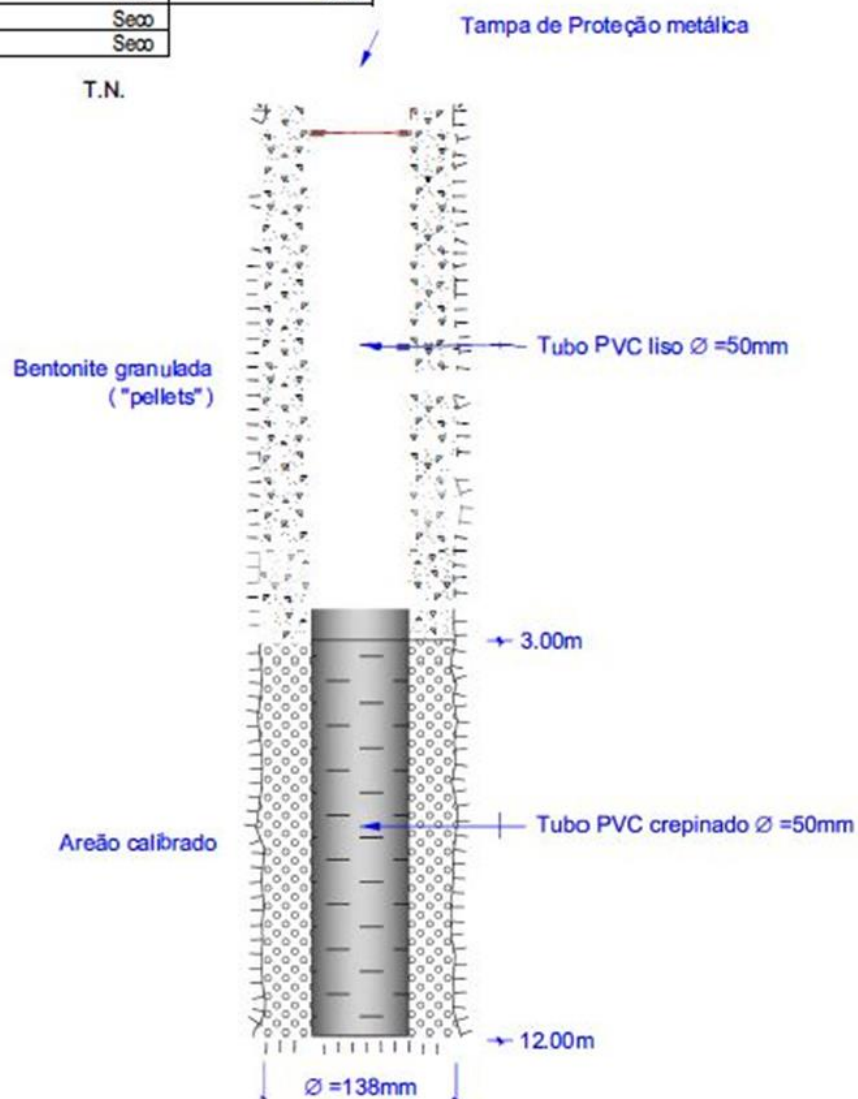
Rua D. Nuno Álvares Pereira, nº 4, Parque Oriente Bloco 4 2500-501 Bobadela LRS Portugal Tel.: (+351) 219958000 Fax: (+351) 219958001 Movel: (+351) 963039577 E-mail: mli@geocontrole.pt

Sem permissão o fim a que se destina este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente com autorização expressa da Geocontrole.


Mod.PG.OP.13/1 - 2016-05-31

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÓMETRO
			Entidade:			PZ-S1
Data Inicial			Equipamento	Prof. Final (m) 12.0	PROCESSO	
Data Final					Página 1 de 1	
Desenhador			Inclinação	Coordenadas	Cota	Técnico

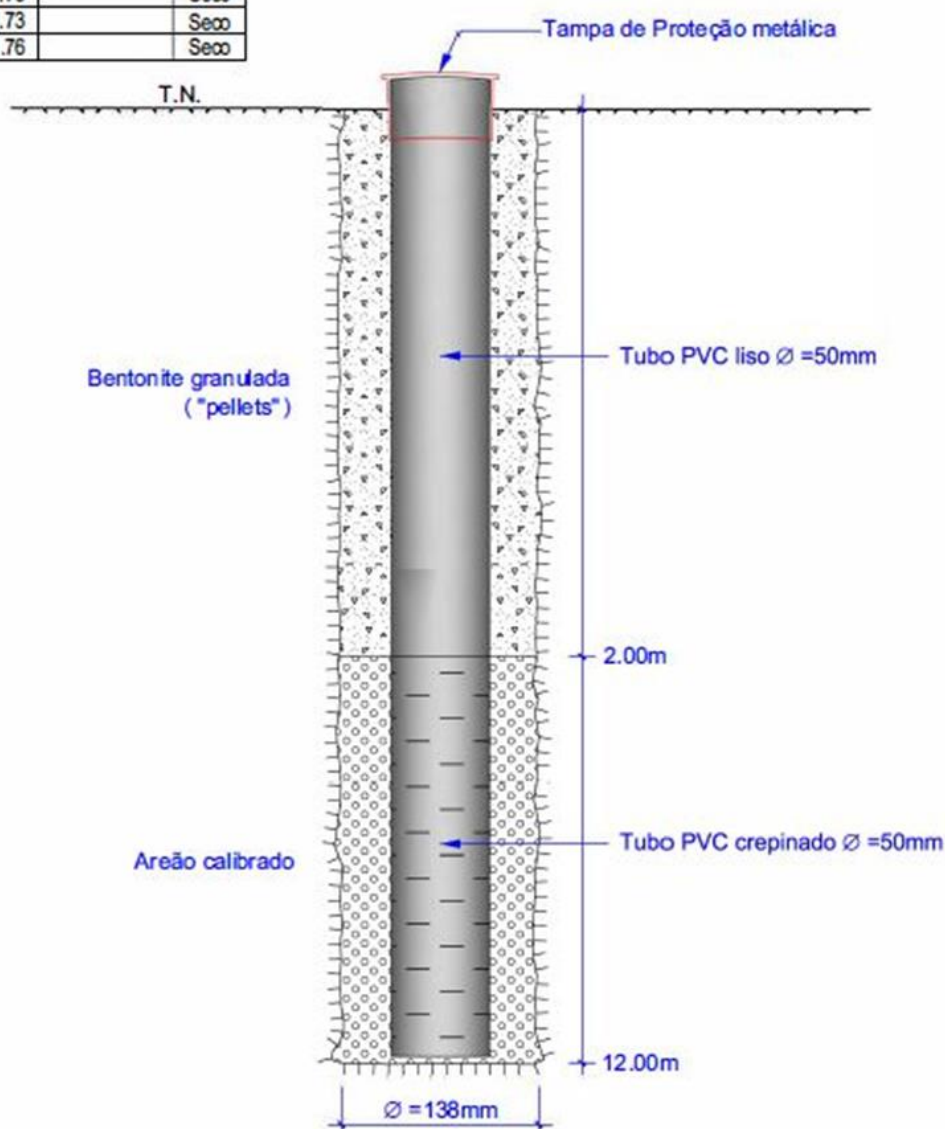
Medição	Prof. (m)	Medição	Prof. (m)	Medição	Prof. (m)
	11.92		11.90		Seco
	11.95		11.42		Seco
	11.96		10.43		Seco
	11.91		11.26		Seco
	11.91		Seco		Seco
	10.26		Seco		
	10.74		Seco		




Observações:

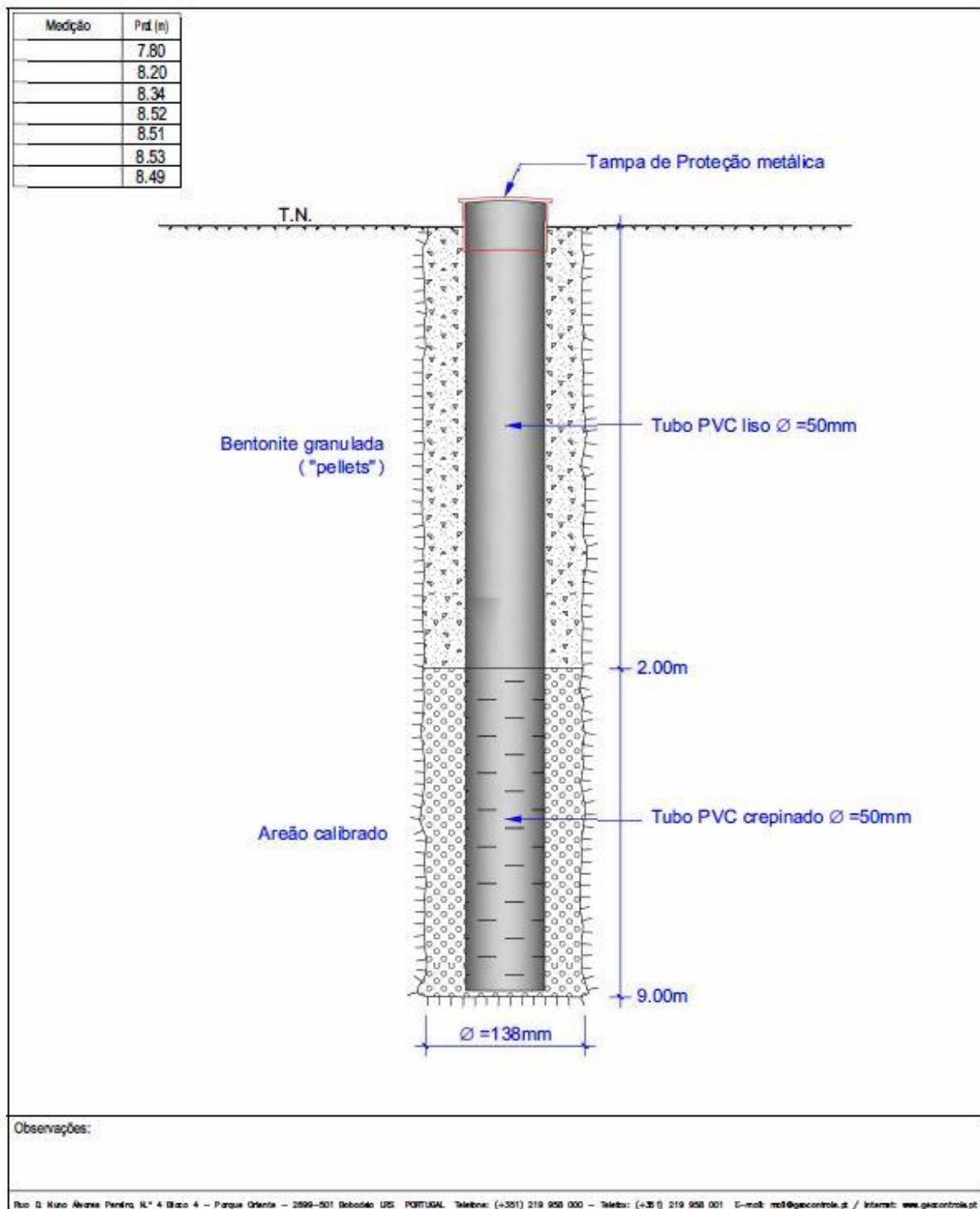
			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÓMETRO
			Entidade:			PZ-S4
Data Inicial			Equipamento	Prof. Final (m)	Obras:	PROCESSO
						12.0
Data Final			Desenhador	Inclinação	Coordenadas	Cota
				10°		
						Técnico


Medição	Prof. (m)	Medição	Prof. (m)
	11.48		11.76
	11.66		11.80
	11.74		11.86
	11.79		11.93
	11.76		Seco
	11.73		Seco
	11.76		Seco

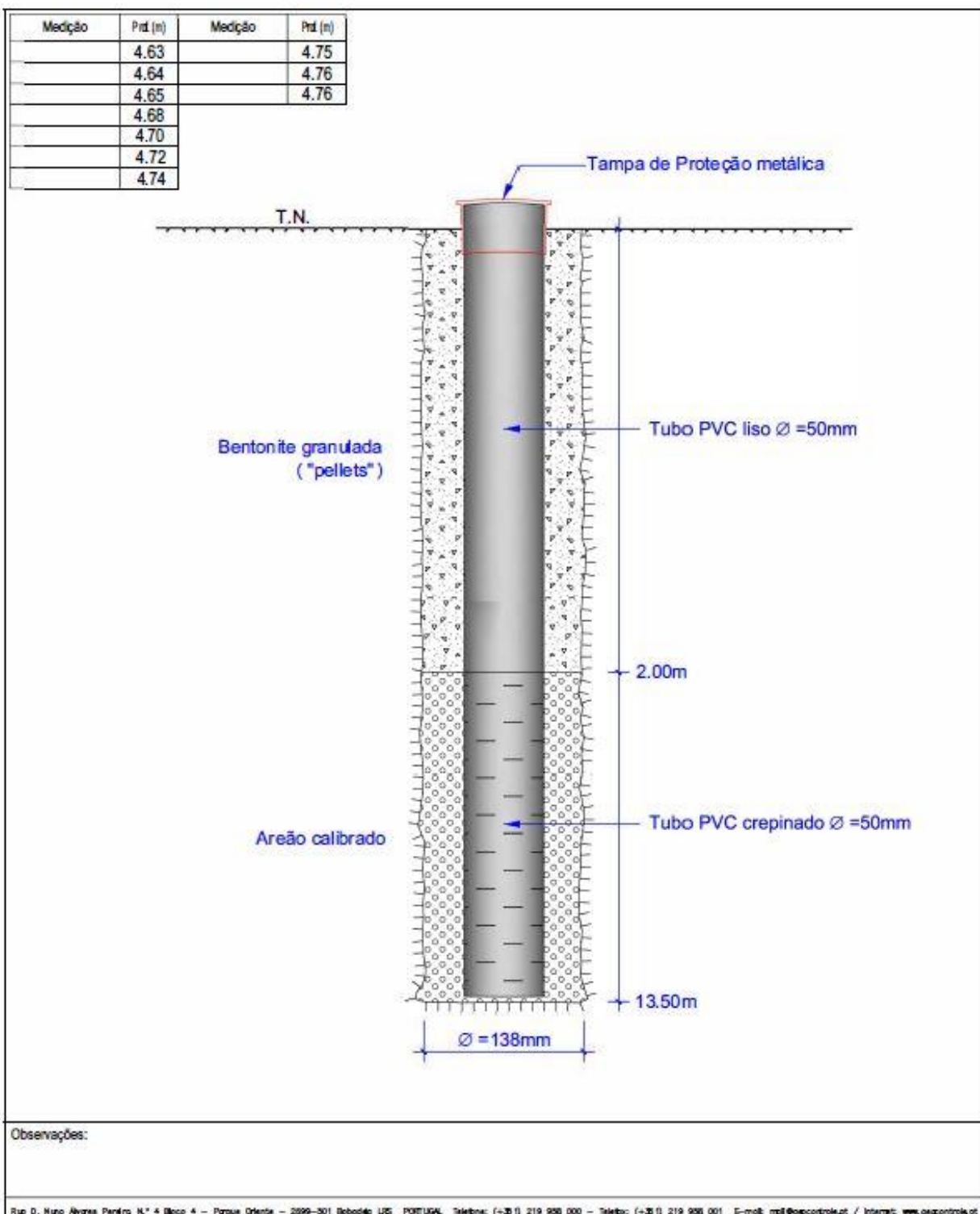


Observações:

			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÔMETRO
			Entidade: Obra:			PZ-S6
Data Inicial	Equipamento	Prof. Final (m)	Inclinação 90°			PROCESSO
		9.0				Página
Data Final		Desenhador	Coordenadas			1 de 1
			Cota			Técnico

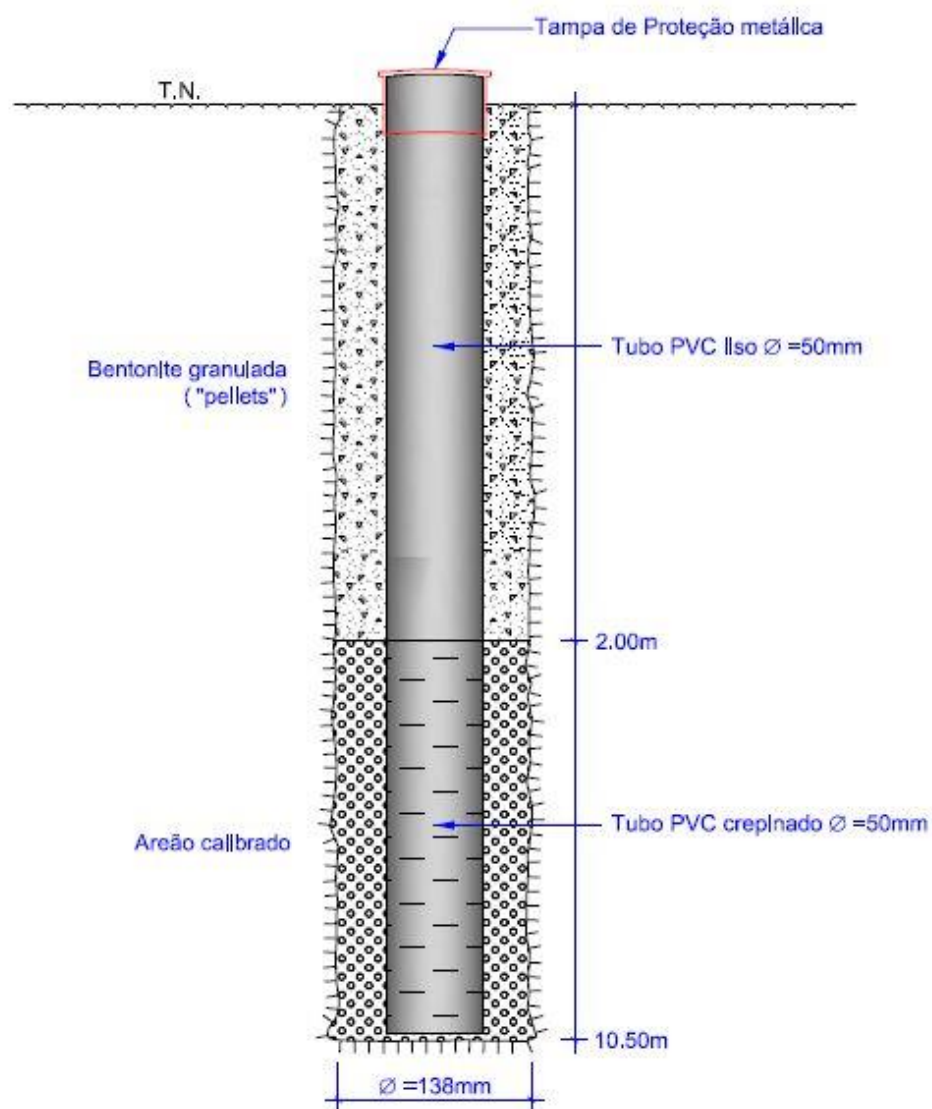


			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PEZÔMETRO
			Entidade: Obra:			PZ-S8
Data Inicial	Equipamento	Prof. Final (m)				PROCESSO
		13.5				
Data Final		Desenhador	Inclinação	Coordenadas	Cota	Página
			gr	P=		1 de 1
						Técnico



			PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA			PIEZÔMETRO
			Entidade: Obra:			PZ-S11
Data Inicial	Equipamento	Prof. Final (m)				PROCESSO
		10,5				
Data Final		Desenhador	Inclinação	Coordenadas	Cota	Página
			92°			1 de 1
						Técnico

Medição	Prof. (m)
1	6,84
2	7,99



Observações: